

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE HUEVO Y VALORIZACIÓN
DE LOS DESPERDICIOS DE LA E.A.T AVÍCOLA ALEJANDRÍA**

VIVIANA GAVIRIA VÉLEZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI – VALLE
2012**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE HUEVO Y VALORIZACIÓN
DE LOS DESPERDICIOS DE LA E.A.T AVÍCOLA ALEJANDRÍA**

VIVIANA GAVIRIA VÉLEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero de Alimentos**

**Directora
AIDA RODRÍGUEZ DE STOUVENEL Ph. D.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI – VALLE
2012**

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por guiarme en este camino y completar así este gran logro. A mi familia por estar siempre conmigo e impulsarme a salir adelante. A mis amigos y compañeros que me apoyaron y me animaron a cumplir mis metas. A la Universidad del Valle por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y a los profesores que compartieron conmigo su conocimiento y sobre todo a mi directora de tesis Ayda Rodríguez de Stouvenel por su colaboración en la realización de este proyecto, igualmente al profesor Alejandro Fernández y a la profesora Claudia Ochoa.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. GENERALIDADES DEL HUEVO.	16
4.1.1. Definiciones.	16
4.1.2. Estructura y composición del huevo.	16
4.1.2.1. Cáscara.	17
4.1.2.2. Clara.	17
4.1.2.3. Yema.	17
4.1.3. Valor nutricional del huevo.	17
4.1.3.1. Lípidos.	18
4.1.3.2. Minerales.	18
4.1.3.3. Vitaminas.	18
4.1.3.4. Proteínas.	19
4.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL HUEVO.	19
4.3. CONDICIONES DEL PRODUCTO	21
4.4. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO.	21
4.5. OVOPRODUCTOS.	22
4.5.1. Tipos de ovoproduitos.	22
4.5.2. Elaboración de ovoproduitos.	22
4.6. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO CON CÁSCARA.	23

4.7. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CON CAMPOS DE PULSOS ELÉCTRICOS.	23
4.8. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CON CAMPO DE PULSOS ELÉCTRICOS COMBINADO CON TRATAMIENTO TÉRMICO.	23
4.9. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO.	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.	25
5.2. ETAPA DE RECOLECCIÓN.	25
5.3. REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HUEVO LÍQUIDO.	25
5.4. ESTABILIDAD FÍSICA DEL HUEVO LÍQUIDO FRESCO, LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.	25
5.4.1. Viscosidad aparente.	26
5.4.2. Capacidad espumante.	26
5.4.3. Estabilidad de espuma.	26
5.4.4. Capacidad de expansión.	27
5.5. ESTABILIDAD QUÍMICA DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.	27
5.6. ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.	27
5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	27
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
6.1. FACTORES QUE GENERAN ROTURA DE HUEVOS, SUCIEDAD Y FISURAS.	29
6.2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS.	30
6.2.1 Recolección de los huevos.	30
6.2.2 Selección de los huevos en la clasificadora.	31
6.2.3 Recolección de huevo líquido.	31
6.2.4 Almacenamiento del huevo líquido.	31
6.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO.	32
6.4. CANTIDAD DE CADA TIPO DE HUEVO DURANTE LA PRODUCCIÓN.	32
6.5. REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DEL HUEVO LÍQUIDO.	34

6.5.1. Recolección de los huevos.	34
6.5.2 Selección de los huevos en la clasificadora.	34
6.5.3. Recolección del huevo líquido.	35
6.5.4. Almacenamiento del huevo líquido.	35
6.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN.	35
6.7. CANTIDAD DE CADA TIPO DE HUEVO DURANTE LA PRODUCCIÓN DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN.	36
6.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	38
6.8.1. Huevo calidad A.	38
6.8.2. Huevo sucio.	38
6.8.3. Huevo picado.	38
7.8.4. Huevo quebrado.	39
6.9. ESTABILIDAD FÍSICA DEL HUEVO FRESCO, PASTEURIZADO Y EN POLVO.	39
6.9.1. Viscosidad aparente.	39
6.9.1.1. Huevo fresco.	39
6.9.1.2. Huevo pasteurizado.	41
6.9.1.3. Huevo en polvo.	42
6.9.2. Capacidad de espuma.	44
6.9.3. Estabilidad de espuma.	46
6.9.4. Capacidad de expansión.	48
6.10. ESTABILIDAD QUÍMICA DEL HUEVO PASTEURIZADO Y EN POLVO.	50
6.11. ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO PASTEURIZADO Y EN POLVO.	50
6.12. CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.	51
6.12.1. Huevo fresco.	51
6.12.2. Huevo pasteurizado.	51
7. CONCLUSIONES	53
8. RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valor nutricional de un huevo de 50 g.	17
Tabla 2. Propiedades funcionales del huevo.	20
Tabla 3. Clasificación de los huevos según su masa.	21
Tabla 4. Cantidad de panales producida de cada tipo de huevo durante tres semanas.	32
Tabla 5. Cantidad de panales producida de cada tipo de huevo durante tres semanas después de la reestructuración.	36
Tabla 6. Resultados obtenidos para la capacidad de espuma.	44
Tabla 7. Resultados obtenidos para la estabilidad de espuma.	46
Tabla 8. Resultados obtenidos para capacidad de expansión.	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del huevo (Barroeta, 2002).	16
Figura 2. Huevo quebrado en banda transportadora (galpón N° 6)	29
Figura 3. Huevo pisado por un ave (galpón N°5)	29
Figura 4. Huevo sucio en banda transportadora (galpón N° 6)	30
Figura 5. Huevo sucio en panal (galpón N° 5)	30
Figura 6. Porcentaje de producción de cada tipo de huevo.	33
Figura 7. Bolsa de recolección de huevo líquido.	35
Figura 8. Porcentaje promedio de producción de cada tipo de huevo después de la reestructuración.	37
Figura 9. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo fresco.	39
Figura 10. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo fresco.	40
Figura 11. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo pasteurizado.	41
Figura 12. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo pasteurizado.	41
Figura 13. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo en polvo.	42
Figura 14. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo en polvo.	43
Figura 15. Diagrama de cajas y alambres para la capacidad espuma.	45

Figura 16. Diagrama de cajas y alambres para la estabilidad espuma.	47
Figura 17. Diagrama de cajas y alambres para la capacidad de expansión.	49
Figura 18. Correlación de variables de respuesta para huevo fresco.	51
Figura 19. Correlación de variables de respuesta para huevo pasteurizado.	51
Figura 20. Correlación de variables de respuesta para huevo en polvo.	52
Figura 21. Prueba de Mann Whitney para huevo de calidad A.	66
Figura 22. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo de calidad A.	66
Figura 23. Prueba de t de student para huevo sucio.	67
Figura 24. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo sucio.	67
Figura 25. Prueba de t de student para huevo picado.	68
Figura 26. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo picado.	68
Figura 27. Prueba de t de student para huevo quebrado.	69
Figura 28. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo picado.	69
Figura 29. ANOVA para capacidad de espuma.	70
Figura 30. Prueba de Tukey para capacidad de espuma.	70
Figura 31. ANOVA para estabilidad de espuma.	71
Figura 32. Prueba de Tukey para estabilidad de espuma.	71
Figura 33. Prueba de kruskal-Wallis para capacidad de expansión.	72
Figura 34. Prueba de Mann-Whitney para capacidad de expansión.	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. OBTENCIÓN DE OVOPRODUCTOS SEGÚN EL CODEX (1976)	61
ANEXO 2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 1.	63
ANEXO 3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 3.	64
ANEXO 4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 3.	65
ANEXO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO CALIDAD A	66
ANEXO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO SUCIO	67
ANEXO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO PICADO	68
ANEXO 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO QUEBRADO	69
ANEXO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE ESPUMA	70
ANEXO 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTABILIDAD DE ESPUMA	71
ANEXO 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE EXPANSIÓN	73
ANEXO 12. ANÁLISIS PROXIMAL DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO.	66
ANEXO 13. ANÁLISIS PROXIMAL DEL HUEVO EN POLVO SECADO POR ASPERSIÓN.	75
ANEXO 14. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO.	76
ANEXO 15. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL HUEVO DESHIDRATADO.	77

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal valorizar los desperdicios generados por la E.A.T Avícola Alejandría (huevo picado, quebrado y sucio); esto se logró mejorando el sistema de recolección de los huevos después de la postura, reestructurando el proceso de recolección del huevo líquido y evaluando la estabilidad del huevo pasteurizado y del deshidratado.

Como resultado del trabajo se muestran los puntos críticos encontrados en el proceso productivo de la E.A.T Avícola Alejandría, las medidas correctivas y los resultados de las mejoras. No hubo cambios significativos en la cantidad de huevo sucio, picado y quebrado después de la reestructuración, pero sí se redujo la variabilidad de éstos. Por otra parte se realizó un estudio de la estabilidad del huevo líquido fresco, pasteurizado y deshidratado por aspersión, donde se encontró que el huevo fresco y el pasteurizado no presentan diferencias significativas en la viscosidad, la estabilidad de la espuma, la capacidad de expansión y la estabilidad química. También se encontró que el huevo pasteurizado es el que presenta la mejor estabilidad microbiológica.

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to measure all waste produced by E.A.T Avícola Alejandria (chipped, broken and dirty eggs); this was achieved improving the egg-collecting system after the posture, redefining the liquid-eggs collection process and evaluating the pasteurized and dehydrated egg's stability.

The results show all key factors found in the E.A.T. Avícola Alejandria's production process and improvement opportunities. There were not significant changes in the chipped, broken and dirty eggs quantity after re defining the production processes, but the variability in was reduced. Another analysis realized in this paper refers to the fresh, pasteurized and dehydrated egg, where it was found that the fresh and pasteurized egg do not present significant differences in its viscosity, foam stability, expansion capacity and chemical stability. Moreover, it was also found that pasteurized eggs present the highest microbiological stability.

INTRODUCCIÓN

El huevo es uno de los alimentos más completos y económicos; cuando se procesa como huevo líquido ofrece ciertas ventajas, entre ellas la conveniencia, el ahorro de tiempo, la reducción del espacio de almacenamiento, la disminución de residuos, la facilidad de dosificación, así como la calidad, estabilidad y uniformidad del producto.

En las últimas dos décadas, el sector avícola colombiano ha sido uno de los más activos y se encuentra dentro de los primeros 25 productores mundiales. El sector de derivados de huevo está en continuo crecimiento debido a las posibilidades de expansión en el mercado interno y la apertura de nuevos mercados en el exterior (Conpes 3468, 2007). La producción de huevos en Colombia se distribuye de la siguiente manera: región central 34,6%, Santander 23,5%, Valle 21,3%, costa Atlántica 5,1%, Antioquia 9,3%, eje cafetero 4,3% y Oriental 1,9%. Los consumidores prefieren el huevo rojo, por lo que la producción de éste es mayor (67%) en comparación con la de huevo blanco (Finagro, 2009).

La comercialización del huevo se realiza por medio de los distribuidores y comercializadores mayoristas y minoristas, tales como supermercados, tiendas, galerías y plazas y directamente al consumidor. El canal más utilizado es el mayorista, quienes manejan 61% del mercado, seguido por el canal “tienda a tienda”, la industria, los supermercados y los submayoristas (Finagro, 2009).

En las empresas avícolas es común tener pérdidas por la rotura y contaminación de los huevos a lo largo de las etapas de recolección y empaque de ellos, lo que ha generado que se puedan valorizar estos coproductos al retirar la cáscara rota o sucia y procesar el huevo líquido para su venta a consumidores industriales tales como panaderías, pastelerías y confiterías. Estos coproductos deben tener un alto nivel de calidad (estabilidad química, física y microbiológica) que les permita responder a las especificaciones y protocolos de los consumidores (Ariza et al, 2002).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa Asociativa de Trabajo (E.A.T.) Avícola Alejandría productora de huevo comercial de tipo AAA, AA, A, B, C y D, cuya producción diaria es de 160.000 huevos, tiene un nivel de pérdidas del orden del 2,5%. Estas pérdidas (3,840 huevos/día) se presentan porque la recolección es de tipo manual y por otro lado a medida que la edad de las aves aumenta, el tamaño del huevo aumenta y la cáscara se debilita; también el huevo se contamina con las heces del ave.

Hay tres tipos de huevos que se consideran como desperdicio: quebrados, cuya membrana se ha desprendido y el contenido ha entrado en contacto con el ambiente; picados o de segunda, cuya cáscara ha sufrido golpes; y sucios, cuya cáscara se ha untado de excremento de ave.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Valorizar los huevos quebrados, picados y sucios de la E.A.T. Avícola Alejandría.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar el sistema de recolección de los huevos después de la postura.
- Reestructurar el proceso de recolección del huevo líquido.
- Evaluar la estabilidad del huevo pasteurizado y deshidratado.

3. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de garantizar productos de alta calidad, la E.A.T Avícola Alejandría está implementando las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), razón por la cual ha decidido adecuar su planta y realizar cambios en el proceso de producción. Analizando este proceso se encontró que hay un porcentaje de huevos que se quiebra o fisura y otros que se contaminan con las heces de las ponedoras durante y después de la ovoposición. También se encontraron falencias en las etapas de selección y clasificación, donde los huevos sucios contaminan a los limpios. Los huevos quebrados, fisurados y sucios generan pérdidas económicas a la empresa, razón por la cual se quiere desarrollar un ovoproducto con altos estándares de calidad con el fin de darles valor agregado.

Los ovoproductos son el resultado de la aplicación de un tratamiento al huevo fresco o a partes del mismo (clara o yema) después de retirar la cáscara y las membranas. El proceso debe garantizar una adecuada vida útil y la conservación de las propiedades funcionales del huevo, así como mantener la carga microbiana lo más baja posible (MOBA, 2010).

La E.A.T. Avícola Alejandría pretende producir huevo líquido pasteurizado para comercializarlo en el sector panadero de la ciudad de Cali. Igualmente quiere crear una cultura en los panaderos para el empleo de ovoproductos en sus formulaciones, ya que con ellos pueden tener gran cantidad de beneficios (Germán Vargas, 2011).

Actualmente la E.A.T Avícola Alejandría vende el huevo líquido que recolecta diariamente a partir de los huevos quebrados y fisurados a una empresa productora de huevo líquido pasteurizado y maquiladora de huevo en polvo. Estudiando la estabilidad de estos ovoproductos se puede conocer si los procesos de producción realizados cumplen con las expectativas: desarrollar productos inocuos derivados del huevo, de alta calidad y con las mismas o mejores propiedades funcionales del huevo con cáscara.

El desarrollo de este proyecto es una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de Ingeniería de Alimentos y además cumplir con los requisitos de la realización de un proyecto de grado aplicado a la industria alimentaria

4. MARCO TEÓRICO

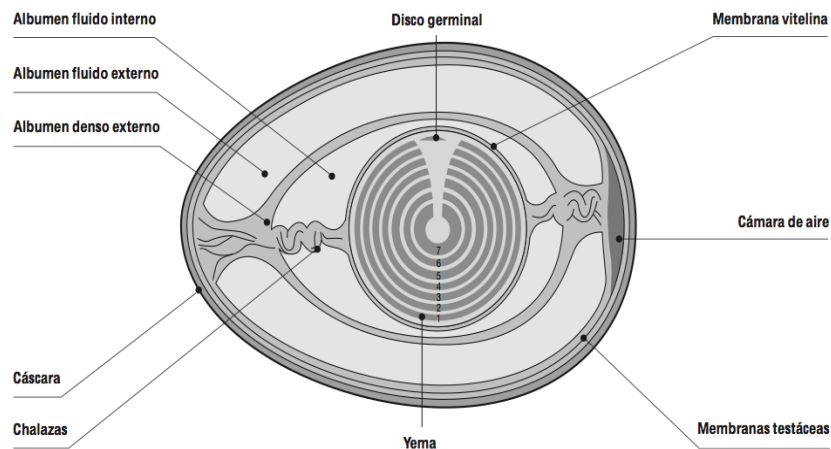
4.1. GENERALIDADES DEL HUEVO.

4.1.1. Definiciones. Gallarti *et al.* (2004) definen los diferentes tipos de huevos:

- **Huevos frescos:** Huevos de gallina con cáscara aptos para el consumo humano en estado natural o para su utilización por las industrias de la alimentación, con exclusión de los huevos rotos, huevos incubados y huevos cocidos.
- **Huevos quebrados:** Los huevos que presentan imperfecciones en la cáscara y las membranas con el resultado de exposición de su contenido.
- **Huevos fisurados:** Los huevos con cáscara dañada, grietas no continuas, sin ruptura de membrana.
- **Huevos sucios:** Los huevos que se encuentran contaminados con heces de ave o residuos de tierra.
- **Huevo líquido:** El contenido del huevo no transformado después de quitar la cáscara (Instituto de estudios del huevo, 2006).

4.1.2. Estructura y composición del huevo. Un huevo promedio pesa entre 50 a 60 g y consta de tres partes diferenciables: la cáscara, la clara y la yema como se pudo observar en la Figura 1.

Figura 1. Estructura del huevo (Barroeta, 2002).



4.1.2.1. Cáscara. La cáscara es la parte externa del huevo y supone el 12% del peso total. Su composición es calcárea y su estructura porosa, la cual lo protege del aire y la luz. (Alarcón *et al.*, 2005). La estructura de la cáscara se compone de las **membranas testáceas interna y externa** que protegen al huevo de la contaminación microbiana. **La capa mamilar, la capa en empalizada y la capa de cristales verticales** y por último **la cutícula** que cubre los poros y le da el aspecto brillante (Barroeta, 2002).

4.1.2.2. Clara. La clara supone aproximadamente un 58% del peso total del huevo; está compuesta de agua y albúmina y es de fácil coagulación (Alarcón *et al.*, 2005). La clara se compone de cuatro zonas: **densa interna** responsable de asegurar la suspensión de la yema en el centro del huevo; **interna fluida**; **densa externa**, y por último **fluida externa** (Barroeta, 2002).

4.1.2.3. Yema. La yema supone un 30% aproximadamente del peso total del huevo y es la porción de color amarillo; está recubierta por la membrana vitelina, que la separa de la clara y la protege de una posible ruptura (Barroeta, 2002).

4.1.3. Valor nutricional del huevo. En la Tabla 1 se muestran los valores nutricionales del huevo entero, la clara y la yema.

Tabla 1. Valor nutricional de un huevo de 50 g.

Componente	Huevo entero	Clara	Yema
Agua (g)	37,5	17,28	13,9
Energía (kcal)	75	17	59
Proteína (g)	6	4	3
Grasa (g)	5	-	5,28
Ácidos grasos saturados (g)	1,6	-	1,68
Ácidos grasos polinsaturados (g)	0,7	-	0,72
Ácido graso linoleico (g)	0,57	-	0,57
Ácidos grasos monoinsaturados (g)	1,9	-	1,9
Ácido graso oleico (g)	1,73	-	1,77
Colesterol (mg)	213	-	213

Tabla 1. (Continuación)

Componente	Huevo entero	Clara	Yema
Carbohidratos (g)	1	0,3	0,3
Fósforo (mg)	89	3,7	84,3
Hierro (mg)	0,7	-	0,6
Magnesio (mg)	6	4	1
Zinc (mg)	0,57	-	0,57
Vitamina A (ER)	96	-	97
Vitamina D (UI)	0,87	-	0,83
Riboflavina (mg)	0,25	0,15	0,11
Ácido fólico (mg)	24	0,54	25
Vitamina B12 (mg)	0,77	0,02	0,64
Biotina (µg)	12,2	-	12,2
Colina (mg)	125	-	-

Fuente: USDA, 2002

4.1.3.1. Lípidos. Los lípidos del huevo se encuentran en la yema y se componen de ácidos grasos, colesterol y lecitina; tiene una proporción adecuada de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y ácidos grasos saturados (AGS) (Belitz *et al.*, 2009). El huevo es la mejor fuente de lecitina (contiene más de la mitad de la cantidad diaria recomendada), la cual aporta colina al organismo, indispensable para la síntesis celular (Borrero, 2010).

4.1.3.2. Minerales. El huevo es una fuente importante de minerales y se destaca el aporte de hierro, fósforo, potasio, magnesio y zinc; además contiene elementos traza como cobre, manganeso y flúor (Borrero, 2010).

4.1.3.3. Vitaminas. Entre las vitaminas que contiene el huevo se encuentran la biotina, el ácido fólico, la riboflavina, la vitamina D, la vitamina A y la vitamina E. Contiene tanto vitaminas hidrosolubles como liposolubles (Borrero, 2010).

4.1.3.4. Proteínas. La clara contiene más de 13 polipéptidos que integran una estructura bien organizada, gelatinosa y espesa que aportan un alto valor nutritivo (Fennema, 1996). Entre las proteínas del huevo se destacan:

- **Ovoalbúmina:** durante el almacenamiento se convierte en una forma más termoestable (S-ovoalbúmina). Posee buenas propiedades gelificantes que pueden ayudar a la estabilización térmica de las espumas, pero se reducen cuando aumenta la proporción de S-ovoalbúmina (Cheftel *et al.*, 1989).
- **Conalbúmina o transferina:** contiene gran cantidad de enlaces disulfuro y presenta la característica de ligar el hierro y otros iones metálicos, como aluminio, cobre y zinc; esta acción inhibe el crecimiento de microorganismos que requieren de dichos elementos para su desarrollo (Badui, 2006).
- **Ovomucoide:** tiene un elevado porcentaje de carbohidratos lo que contribuye a la estabilización térmica de la proteína.
- **Ovomucina:** es responsable de las propiedades funcionales de la clara, como es la capacidad de espumado, y se considera que tiene una actividad biológica contra varios virus (Badui, 2006).
- **Lisozima:** es una proteína muy sencilla, fácilmente interacciona con otras proteínas y componentes (Arntfield y Bernatsky, 1993).

También existen otras proteínas en menor concentración, como las **globulinas G2 y G3** que tienen la característica de ser buenos agentes espumantes. El **ovoinhibidor** que evita la acción de diversas enzimas proteolíticas. La **ovoflavoproteína** que tiene la particularidad de unirse fuertemente con la riboflavina, pero el complejo se disocia durante el calentamiento. La **ovomacroglobulina** que contribuye a las propiedades de espumado del albumen. Finalmente, la **avidina** que presenta la capacidad de ligar una molécula de biotina por cada monómero, lo que le confiere mayor estabilidad a la desnaturalización (Badui, 2006).

4.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL HUEVO.

En la Tabla 2 se muestran las propiedades funcionales del huevo.

Tabla 2. Propiedades funcionales del huevo.

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	APLICACIONES
Adhesiva	Adhiere ingrediente como semillas y granos a diversos productos	Barras de cereales, variedades de pan, aperitivos
Espumante	Las proteínas de la clara forman espuma consiguiendo productos más aireados y ligeros	Merengues, mousses, souffles y productos horneados
Aglutinante	Las proteínas de la clara dan estructura y ligan todos los componentes del alimento entre ellos	Aperitivos, productos cárnicos, embutidos
Clarificante	La clara de huevo inhibe el pardeamiento enzimático y evita la turbidez en bebidas	Vinos, zumos
Coagulante y gelificante	Las proteínas de la clara y de la yema cambian de estado fluido a gelatinoso	Tartas y glaseados, flanes, púdines y natillas
Rebozado	Protege el aroma y el sabor	Aperitivos y fritos
Colorante	Los pigmentos de la yema contribuyen al color anaranjado de muchos alimentos	Panadería, pasta, flan y natilla
Emulsionante	Los fosfolípidos y lipoproteínas son agentes tensioactivos que estabilizan las emulsiones aceite/agua	Aderezos para ensaladas, salsas
Aromatizante	Aporta y realza algunos aromas, además incorpora el aroma del huevo	Natillas, golosinas

Tabla 2. (Continúa)

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	APLICACIONES
Mejora la palatabilidad	Da cuerpo y suavidad sustancial a los alimentos	Variedades de pan, dulces y pudines
Prolonga la durabilidad	Conserva las moléculas de almidón húmedas y frescas	Panes especiales, dulces
Mejora la textura	Mantiene firme la textura de los alimentos y mejora las masas esponjosas	Alimentos ligeros
Espesante	Espesa salsas y da cuerpo consiguiendo mejorar el producto	Salsas y recubrimientos, alimentos preparados

Fuente: Instituto del huevo, 2006

4.3. CONDICIONES DEL PRODUCTO

Los huevos para consumo deben cumplir con la NTC 1240 (1987), la cual asocia la calidad con el peso de los huevos, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de los huevos según su peso.

Tipo	Peso
Extra	69 g en adelante
AA	63 a 68,9 g
A	56 a 62,9 g
B	50 a 55,9 g
C	45 a 49,9 g
D	Menos de 45 g

Fuente: NTC 1240 (1987)

4.4. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO.

La contaminación microbiana puede producirse de tres maneras:

- **Transovárica:** contaminación poco frecuente de la yema por microorganismos que se encuentran en el ovario de la gallina. Se produce en el proceso de formación (Gil, 2010).
- **Oviductal:** contaminación de la membrana vitelina y/o albumen durante su paso por el oviducto. Esta vía es la más relevante en la contaminación por *S. Enteritidis* (Gil, 2010).
- **Transcascárida:** contaminación posterior a la puesta, cuya causa suele ser ambiental. Es la forma más habitual de contaminación del huevo (Gil, 2010).

Además de la contaminación de los huevos durante su formación, la forma más común es la contaminación de la cáscara, que se produce a partir de las heces de las ponedoras después de la postura y durante la recolección y clasificación de los huevos y de manos de los operarios, siendo más vulnerables los huevos fisurados y los huevos quebrados, lo que los convierte en fuente de infección para los huevos limpios. Los factores que inciden en la contaminación son la carga microbiana de la cáscara (número y tipo de microorganismos), las condiciones de almacenamiento y manipulación (temperatura ambiente, humedad relativa) y factores intrínsecos del huevo, como pH, nutrientes y barreras físicas y químicas (Gil, 2010).

4.5. OVOPRODUCTOS.

4.5.1. Tipos de ovoproductos.

- Líquidos: Huevo entero, yema, clara, y mezclas diversas.
- Secos: Concentrados (20-25% de humedad) o deshidratados (3-5% de humedad).
- Compuestos: Incorporan otros ingredientes distintos, pero los procedentes del huevo representan un 50% como mínimo.

4.5.2. Elaboración de ovoproductos. Es importante aplicar las técnicas correctas durante los procesos de elaboración de los ovoproductos, de lo contrario se podría favorecer la presencia de un elevado número de microorganismos (Instituto de estudios del huevo, 2002). En el Anexo 1 se puede ver la de obtención de ovoproductos según el Codex Alimentarius.

4.6. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO CON CÁSCARA.

La empresa belga Pasteurisiersystem Lodewijckx desarrolló una tecnología que permite eliminar la carga microbiana de los huevos con cáscara, tanto por dentro como por fuera, manteniendo las cualidades del huevo crudo y alargando su vida útil; este huevo se comercializa con el nombre de coco vite. Después del tratamiento los huevos sometidos a refrigeración tienen hasta dos semanas más de vida útil que los huevos frescos (Anónimo, 2010).

4.7. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CON CAMPOS DE PULSOS ELÉCTRICOS.

Estudios realizados por Góngora *et al.* (2003) muestran la pasteurización de huevo líquido por medio de campos de pulsos eléctricos. El objetivo de este estudio fue evaluar la energía aplicada en el procesamiento con pulsos eléctricos a diferentes condiciones de procesamiento y el efecto de la calidad microbiológica del huevo líquido durante el almacenamiento con refrigeración. El huevo fue estabilizado con ácido cítrico al 0,15% y 0,5% con el fin de prevenir el oscurecimiento. Las condiciones de procesamiento fueron: duración del pulso de 1,84 μ s, densidad de la energía de 11,9 J/mL para cada pulso y el tiempo total del tratamiento fue entre 54 y 478 μ s. La calidad microbiológica fue monitoreada semanalmente en el almacenamiento refrigerado a 4°C.

La máxima vida de anaquel la obtuvo el huevo líquido estabilizado con ácido cítrico al 0,5% y tratado con campos de pulsos eléctricos usando una energía de 357 J/mL durante 55 μ s con una duración de 30 días refrigerado a 4°C.

4.8. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CON CAMPO DE PULSOS ELÉCTRICOS COMBINADO CON TRATAMIENTO TÉRMICO.

Hermawan *et al.* (2004) estudiaron los efectos de los campos de pulsos eléctricos en la inactivación de *Salmonella Enteritidis* y en las propiedades físicas y la vida de anaquel del huevo líquido. El procesamiento con campos de pulsos eléctricos ocasionó una reducción de 1 log₁₀ cfu/mL en la población de *S. Enteritidis*. Las muestras tratadas con campos de

pulsos eléctricos también fueron sometidas a tratamiento térmico con una temperatura de 55°C por 3,5 minutos con el fin de inactivar las bacterias restantes y sin desnaturalizar el huevo líquido entero. La combinación del campo de pulsos eléctricos y el tratamiento térmico redujo en 4,3 log 10 cfu/mL la población de *S. Enteritidis* y no causó cambios significativos en la viscosidad, conductividad eléctrica, color, pH y sólidos solubles. La combinación de estos dos tratamientos causó un aumento significativo en la vida útil del producto.

4.9. PASTEURIZACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO.

La empresa Nestlé S.A. en el año 1987 patentó un procedimiento para la pasteurización continua de huevos en el cual se debe hacer pasar huevo líquido bajo una presión superatmosférica a través de un intercambiador de calor de superficie raspada para elevar la temperatura del huevo hasta la temperatura de pasteurización, posteriormente se pasa a un recipiente contenedor y es calentado durante un corto tiempo que asegure la pasteurización y la no coagulación del producto de huevo y por último se pasa a través de un segundo intercambiador de calor de superficie raspada en donde se enfría hasta una temperatura inferior a 10°C durante un tiempo inferior a 5 minutos.

Los huevos utilizados para la pasteurización deben casarse cuando estén limpios y secos. Posteriormente se procede a realizar el tratamiento térmico, que consiste en mantener el huevo líquido a una temperatura entre 64-65°C durante 2 a 4 minutos, lo que garantiza la eliminación de los microorganismos patógenos, así como la estabilidad física y química del producto (INOVO, 2008).

El huevo líquido pasteurizado actualmente está siendo comercializado por varias empresas alrededor del mundo: Huevo líquido de España, Ovoplus del Centro S.A de C.V de México, Agricovial S.A de Chile, Huevos Santa Reyes de Colombia. Más de la mitad de las empresas del sector alimentario utilizan huevo o sus derivados para la elaboración de sus productos, ya sea como ingrediente básico o como condimento. Entre los sectores que utilizan huevo están pastelería, confitería, postres, galletas, pastas, platos preparados y helados (INOVO, 2008).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.

Se emplearon los huevos producidos por la E.A.T. Avícola Alejandría y Ovoproductos de Colombia S.A. Se realizaron pruebas en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle-sede Meléndez.

5.2. ETAPA DE RECOLECCIÓN.

- Mediante observación directa en la planta se identificaron los tipos de huevo que no son de calidad A y se verificó la cantidad que se produce de cada uno de éstos.
- Se identificaron los puntos críticos en el proceso de producción del huevo, para posteriormente decidir los ajustes necesarios para garantizar la inocuidad del producto y la mejora del proceso de producción. Se realizaron análisis de *Salmonella* y *E. Coli* según la NTC 4574 a muestras de huevo líquido resultantes del quebrado manual.

5.3. REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HUEVO LÍQUIDO.

Se tomaron medidas correctivas y se mostraron los cambios que hubo en el proceso de producción del huevo líquido. Igualmente, se realizaron análisis microbiológicos para corroborar que las medidas correctivas aseguran la inocuidad del producto. También se registraron las cantidades de cada tipo de huevo para verificar si hubo mejoras en el proceso de producción.

5.4. ESTABILIDAD FÍSICA DEL HUEVO LÍQUIDO FRESCO, LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.

Se utilizaron tres lotes diferentes para cada tipo de huevo y se realizaron las pruebas por triplicado. Las muestras se prepararon de la siguiente manera:

- **Huevo líquido fresco:** se cascaron tres huevos frescos y su contenido se vertió en un recipiente donde fue batido con una batidora Oster 2532 a velocidad 1 durante 30 segundos de donde se sacaron tres muestras.
- **Huevo líquido pasteurizado:** posterior a su producción se sacaron tres muestras por lote y se refrigeró durante 24 horas a 4°C.
- **Huevo en polvo:** se reconstituyó el huevo en polvo con agua en una relación de 3 : 1 (agua, huevo en polvo), se batió a velocidad 1 durante 30 segundos y se dejó reposar durante 1 hora.

5.4.1. Viscosidad aparente. La viscosidad de los huevos se midió por triplicado utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield DV III (Brookfield Engineering Labs, Inc., Milddleboro, USA) equipado con una aguja cilíndrica LV-21 para huevo líquido fresco y huevo líquido pasteurizado y LV-00 para huevo en polvo reconstituido.

5.4.2. Capacidad espumante. Alícuotas de 10mL se batieron por 3 minutos a velocidad 3. El volumen de espuma y el volumen de fase líquida se midieron en una probeta graduada. Para la determinación de la capacidad espumante (FC) se emplea la siguiente fórmula:

$$FC \% = \frac{FV}{ILV} * 100 \quad (1)$$

Donde:

FV: volumen de espuma

ILV: volumen de la fase líquida inicial

5.4.3. Estabilidad de espuma. Se utilizó la espuma obtenida para la determinación de la capacidad espumante. Se dejó la mezcla (espuma + líquido drenado) preparada en reposo durante 2 horas a 4°C (Olivares, 2006). Para la determinación de la estabilidad de espuma (EE) se empleó la siguiente fórmula:

$$EE \% = \frac{A-C}{B} * 100 \quad (2)$$

Donde:

A: Volumen total (espuma+líquido drenado)

B: Volumen total de espuma formada al tiempo cero

C: volumen del líquido drenado en cada intervalo de tiempo

5.4.4. Capacidad de expansión. Se evaluó preparando una torta a partir de una fórmula estandarizada propuesta por Rosenthal (1995), que contiene: 29,1% de azúcar, 25,3% de harina, 21,5% de huevo, 12,7% de margarina, 8,9% de agua, 1,3% de leche en polvo deslactosada, 0,9% de polvo para hornear y 0,3% de sal. Los ingredientes secos fueron mezclados a velocidad 1 durante 1 minuto, luego los ingredientes líquidos se añadieron a la mezcla y se batió a velocidad 1 durante 3 minutos, luego a velocidad 3 por otros 3 minutos. Alícuotas de 10 mL de mezcla se vertieron en probetas de 50 mL y se hornearon en un horno microondas durante 210 segundos. El volumen de torta se leyó directamente en la probeta. La capacidad de expansión fue expresada como volumen final de torta.

5.5. ESTABILIDAD QUÍMICA DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.

La estabilidad química del huevo pasteurizado y deshidratado se evaluó realizando un análisis proximal el día de su producción.

5.6. ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO Y DESHIDRATADO.

Luego de su producción, se verificó la presencia de *E. Coli*, *Salmonella*, hongos, levaduras, coliformes totales y coliformes fecales en huevo pasteurizado y deshidratado.

5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se empleó el programa estadístico Minitab 15 para el análisis estadístico de la producción de cada tipo de huevo (picado, quebrado y sucio) antes y después de la restructuración del proceso de producción. Cuando la cantidad de huevo de cada categoría presentaba una distribución normal antes y después de la restructuración, se emplearon las pruebas paramétricas t de student y prueba F. Cuando no se presentaba una distribución normal, el análisis estadístico se basó en las pruebas no paramétricas Mann Whitney y prueba de Levene.

Posteriormente se analizaron las variables de respuesta capacidad de espuma, estabilidad de espuma y capacidad de expansión por medio de pruebas paramétricas y no

paramétricas. En el caso de las pruebas paramétricas los datos debían cumplir los supuestos de normalidad de residuos e igualdad de varianzas residuales; se hizo análisis de varianzas (ANOVA) y prueba de comparación múltiple de Tukey. Para el caso contrario los datos que no cumplían alguno de los dos supuestos se sometieron a la prueba de Kruskal-Wallis y prueba de comparación de Mann Whitney. Por último a estas variables se les realizaron pruebas de correlación de Pearson.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. FACTORES QUE GENERAN ROTURA DE HUEVOS, SUCIEDAD Y FISURAS.

Durante observación directa realizada en la granja, se encontró que los factores que generan la rotura y fisura de los huevos son los siguientes:

- Choque del huevo después de la ovoposición con las jaulas.
- Errores por parte del operario al realizar la manipulación del huevo; cuando manipulan más de tres huevos a la vez es muy probable que alguno se quiebre; por error se deja caer; cuando al poner el huevo en el panal se aplica mucha fuerza.
- Edad del ave; entre más adulta la ponedora, la cáscara se debilita por la falta de calcio. Solo con manipular este tipo de huevos se pueden quebrar.
- Después de la ovoposición, el huevo debería caer a los canales de recolección o a la banda transportadora por efecto de la gravedad; cuando esto no sucede es probable que el ave pise el huevo.

En las figuras 2 y 3 se pueden observar imágenes de huevos quebrados:

Figura 2. Huevo quebrado en banda transportadora (galpón N° 6)



Figura 3. Huevo pisado por un ave (galpón N°5)



De igual manera se identificaron los factores que generan suciedad:

- Después de la ovoposición, el excremento del ave puede caer sobre el huevo.
- Los huevos untados de excremento de ave pueden ensuciar los que estén al lado.

En las figuras 4 y 5 se pueden observar imágenes de huevos sucios:

Figura 4. Huevo sucio en banda transportadora (galpón N° 6)



Figura 5. Huevo sucio en panal (galpón N° 5)



6.2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS.

6.2.1 Recolección de los huevos. En la granja la recolección en su gran mayoría es de tipo manual; los huevos son recogidos de los canales del galpón y puestos por los operarios en panales. En el caso del galpón N°6 la recolección es de tipo mecánica y se hace por medio de bandas; posteriormente se llevan los huevos a la clasificadora N° 3.

Esta operación se identificó como crítica puesto que el operario no separa los huevos, sino que los va poniendo en panales a medida que los va recogiendo, lo que aumenta la

probabilidad de que los huevos se contaminen. El mayor riesgo se tiene cuando se juntan huevos quebrados con los demás tipos de huevo.

En el galpón N° 6 los peligros principales son microbiológicos; una deficiente limpieza de las cintas transportadoras en las que se desplazan los huevos, que podrían contaminar las cáscaras. Otros contaminantes pueden ser los residuos químicos de los productos de limpieza y desinfección aplicados.

6.2.2 Selección de los huevos en la clasificadora. Al igual que en la etapa anterior el riesgo de contaminación microbiológica se da por contacto de los huevos. Cuando los huevos llegan a la clasificadora son puestos sobre las mesas sin importar su tipo y posteriormente son clasificados y vueltos a poner en los mismos panales en los que fueron recolectados.

6.2.3 Recolección de huevo líquido. Los huevos picados y quebrados son cascados de forma manual en la clasificadora por los mismos operarios que los clasifican y posteriormente son depositados en bolsas de plástico estériles. En esta etapa hay riesgo de contaminación microbiológica ya que los operarios están en contacto con todos los tipos de huevo y cuando cascan los huevos picados y quebrados, sus manos pueden entrar en contacto con el huevo líquido. También pueden caer trozos de cáscara de huevo causando contaminación física y/o agentes externos tales como moscas.

6.2.4 Almacenamiento del huevo líquido. El huevo líquido es congelado cada media hora a una temperatura de -7°C que no es monitoreada constantemente y aproximadamente cada 36 a 48 horas es recogido por una empresa que los compra para procesarlos.

En el congelador se guardan alimentos y/u objetos diferentes a las bolsas con el huevo líquido lo que puede causar contaminación cruzada.

6.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO.

Se realizaron análisis microbiológicos a muestras de huevo líquido recogido en las clasificadoras N°1 y N°3 proveniente de los huevos quebrados limpios de los galpones N°5 y N°6. Los resultados que se pueden observar en el Anexo 2 y el Anexo 3 muestran que hay presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *E. Coli* y ausencia de *Salmonella*. Esto se le puede atribuir a la forma de recolección de estos huevos, a la mala higiene por parte de los operarios y a posibles restos de gallinaza. Teniendo en cuenta estos resultados se procedió a tomar medidas y a realizar cambios en las etapas críticas de los procesos dentro de la granja; mejorando el proceso de producción y comercialización cumpliendo con las Buenas Prácticas de Manufactura.

6.4. CANTIDAD DE CADA TIPO DE HUEVO DURANTE LA PRODUCCIÓN.

Se registraron datos durante tres semanas de las cantidades de huevo en la clasificadora N° 3 donde llegan la mayor cantidad de huevos. Los datos se pueden observar a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de panales producida de cada tipo de huevo durante tres semanas.

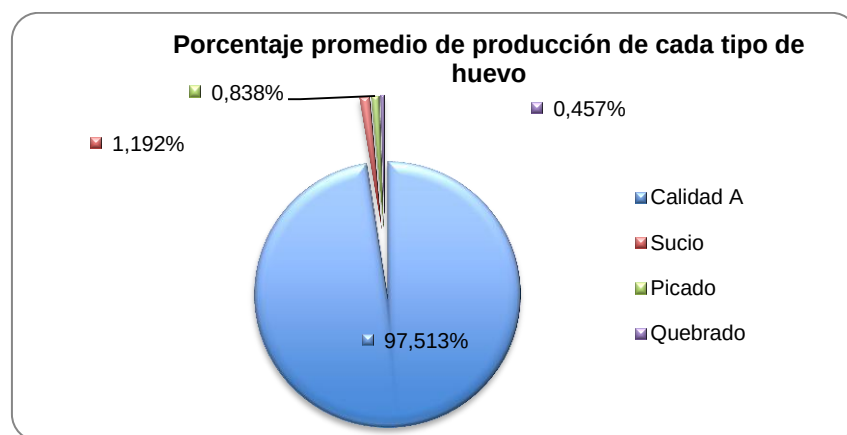
FECHA	CLASE DE HUEVO				TOTAL
	Calidad A	Sucio	Picado	Quebrado	
09/2011					
26	55104	744	336	264	56448
27	52800	552	480	288	54120
28	43728	384	384	264	44760
29	37920	432	240	192	38784
30	41544	576	336	264	42720
10/2011					
1	50064	432	240	288	51024
2	49344	504	336	192	50376

Tabla 4. (Continuación)

FECHA	CLASE DE HUEVO				TOTAL
	Calidad A	Sucio	Picado	Quebrado	
3	48432	552	336	240	49560
4	36024	432	240	120	36816
5	46128	552	432	168	47280
6	38928	432	288	168	39816
7	45552	648	384	216	46800
8	49152	408	408	168	50136
9	53208	744	624	216	54792
10	52824	672	432	264	54192
11	48336	552	432	216	49536
12	45480	552	336	192	46560
13	46896	720	384	240	48240
14	46512	696	672	240	48120
15	52320	480	600	312	53712
16	39648	720	480	192	41040
17	37296	576	360	96	38328
PROMEDIO	46238	561	398	218	47416
σ	5660	117	118	55	5790

Los datos de la Tabla 4 se procesaron con el fin de conocer el porcentaje de producción de cada tipo de huevo, como se puede observar en la Figura 7.

Figura 6. Porcentaje de producción de cada tipo de huevo.



En la Figura 6 se muestra que la pérdida total de huevo en la E.A.T Avícola Alejandría es del orden de 2,487%, mientras que la proporción de huevo de calidad A es del 97,513%. Se puede observar que la mayor pérdida se da por los huevos sucios (1,192%) y la menor por huevos quebrados (0,457%); esto se debe a que los huevos son recolectados dos veces al día y en el tiempo en que no son recogidos el excremento del ave cae sobre el huevo y éstos a su vez pueden contaminar otros huevos.

6.5. REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DEL HUEVO LÍQUIDO.

Evaluando los procesos de producción, clasificación y distribución de los huevos, es posible reducir la contaminación microbiológica manteniendo rigurosas prácticas de higiene y manipulación que mantengan la integridad de la cáscara (Cabellos, *et al.*, 2006).

6.5.1. Recolección de los huevos. La mejora que se realizó en la etapa de clasificación fue recolectar los huevos sucios y los quebrados en panales separados de los demás tipos de huevo, evitando así la contaminación microbiológica entre éstos; además se logró reducir el tiempo de selección de los huevos, ya que los sucios y quebrados ya estaban clasificados.

6.5.2 Selección de los huevos en la clasificadora. Las zonas de clasificación y envasado de los huevos deben encontrarse aisladas de fuentes de contaminación, debiendo controlar el acceso de personal y materiales ajenos a los procesos de clasificación (Cabellos *et al.*, 2006), razón por la cual los operarios que recolectan los huevos en los diferentes galpones no pueden entrar a la clasificadora, con el fin de evitar contaminación cruzada. Un operario de la clasificadora es el encargado de recibir los carros transportadores y llevarlos a cada clasificadora.

Se implementó un sistema que consiste en que el personal encargado de la clasificación realice las operaciones de limpieza y desinfección de superficies con una solución de hipoclorito de sodio al 5% una vez se culminen las labores de clasificación y empaque de huevo. También realizan una inspección antes de iniciar labores la cual debe registrarse en el formato diario de limpieza y desinfección. Si por alguna razón los operarios entran

en contacto con algún huevo sucio deben usar un gel antibacterial que fue puesto en cada una de las clasificadoras. Por último, cuando los huevos son empacados en los panales y puestos en estanterías se deben cubrir con un angeo para evitar contacto con insectos, en especial moscas.

6.5.3. Recolección del huevo líquido. Para reducir la probabilidad de que pedazos de cáscara caigan al huevo líquido se empezó a usar un pedazo de bolsa plástica encima del recipiente con un pequeño agujero como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7. Bolsa de recolección de huevo líquido.



La empresa Ovocol S.A quien compra este producto corroboró que los cambios efectuados en la recolección del huevo líquido eliminaron por completo la presencia de insectos y una disminución en la cantidad de pedazos de cáscara.

6.5.4. Almacenamiento del huevo líquido. Se decidió suspender el almacenamiento de productos diferentes al huevo en el congelador y para hacer el seguimiento a la temperatura de refrigeración, se instaló un termopar marca Omegaclad. Los registros de la temperatura se hicieron cada dos horas.

6.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN.

Los análisis microbiológicos realizados un mes después de la reestructuración (Anexo 4) arrojaron ausencia de *E. Coli* y de *Salmonella* y una alta disminución en la cantidad de coliformes fecales y totales lo que indica que la reestructuración realizada al proceso de

producción fue positiva y ayudó a mejorar la microbiología de los productos de la E.A.T Avícola Alejandría.

6.7. CANTIDAD DE CADA TIPO DE HUEVO DURANTE LA PRODUCCIÓN DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN.

En la Tabla 5 se muestran los datos registrados durante tres semanas de las cantidades de huevo en la clasificadora N° 3 después de la reestructuración del proceso de recolección de los huevos.

Tabla 5. Cantidad de panales producida de cada tipo de huevo durante tres semanas después de la reestructuración.

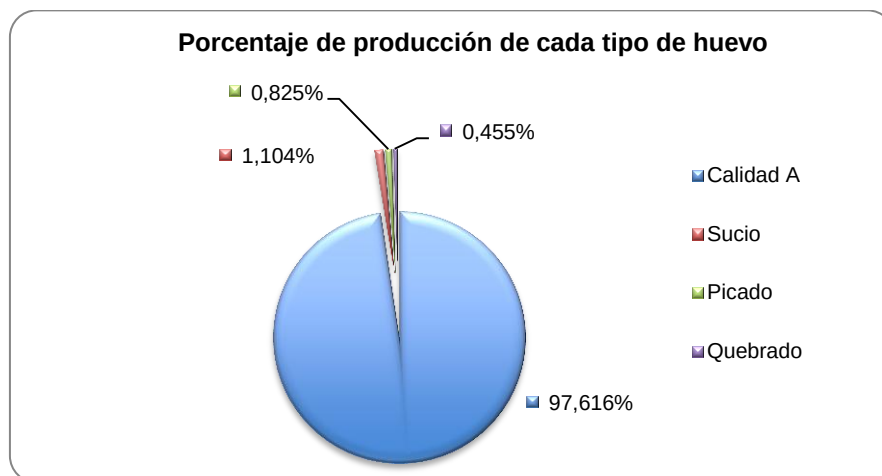
FECHA	CLASE DE HUEVO				TOTAL
	Calidad A	Sucio	Picado	Quebrado	
ene-12					
6	48543	563	390	228	49724
7	52420	596	429	253	53698
8	47630	524	467	207	48828
9	39378	468	368	214	40428
10	44829	497	381	147	45854
11	49839	573	414	219	51045
12	47653	619	352	168	48792
13	40029	490	328	152	40999
14	51836	631	389	289	53145
15	46542	527	374	148	47591
16	37937	448	296	112	38793
17	48631	536	396	225	49788
18	49267	488	405	257	50417
19	46438	434	381	239	47492
20	39838	417	337	187	40779
21	45540	611	378	275	46804

Tabla 5. (Continuación)

FECHA	CLASE DE HUEVO				TOTAL
	Calidad A	Sucio	Picado	Quebrado	
22	51548	669	445	304	52966
23	54739	674	547	283	56243
24	51247	441	465	268	52421
25	49835	572	435	249	51091
26	47539	529	411	218	48697
27	48531	442	412	240	49625
PROMEDIO	47263	534	400	222	48419
σ	4510	78	54	52	4641

Los datos de la Tabla 5 se procesaron con el fin de conocer el porcentaje de producción de cada tipo de huevo. A partir de estos datos se sacaron estadísticos descriptivos como se puede observar en la Figura 8.

Figura 8. Porcentaje promedio de producción de cada tipo de huevo después de la reestructuración.



Comparando los estadísticos descriptivos de los datos antes de la reestructuración del proceso de producción (Tabla 5) con los posteriores (Tabla 6) se puede observar que hubo un aumento promedio del 0,104% en la cantidad de huevo de calidad A, así como

también hubo una pequeña disminución en la cantidad de huevo sucio (0,089%), de huevo picado (0,013%) y de huevo quebrado (0,002%). De igual manera, se puede observar que la desviación de los datos antes de la reestructuración es mayor, lo que indica que después de las mejoras hay menor dispersión de los datos.

6.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se usaron los datos de los porcentajes de producción de huevo antes y después de la reestructuración para cada tipo de huevo.

6.8.1. Huevo calidad A. Por medio de la prueba de normalidad se encontró que los datos no se distribuyen de manera normal, por lo que se emplearon pruebas no paramétricas (Anexo 5). Se encontró que no existen diferencias significativas entre la cantidad de huevo de calidad A antes y después de la reestructuración del proceso de producción, pero si hay diferencias significativas en la variabilidad de las cantidades en un nivel de significancia del 5%. La variabilidad de la cantidad de huevo de calidad A después de la reestructuración fue menor que la variabilidad de la cantidad antes de ésta.

6.8.2. Huevo sucio. Al diferencia del numeral anterior se emplearon pruebas paramétricas (Anexo 6), donde se encontró que no existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción con un nivel de significancia del 5%, pero si existen diferencias significativas en la variabilidad de las cantidades. La variabilidad de la cantidad de huevo sucio después de la reestructuración fue menor que la variabilidad de la cantidad antes de ésta.

6.8.3. Huevo picado. Al igual que el numeral anterior se usaron pruebas paramétricas (Anexo 7), donde se encontró que no existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción con un nivel de significancia del 5%, pero si existen diferencias significativas en la variabilidad de las cantidades. La variabilidad de la cantidad de huevo sucio después de la reestructuración fue menor que la variabilidad de la cantidad antes de ésta.

7.8.4. Huevo quebrado. Igualmente se emplearon pruebas paramétricas (Anexo 8), donde se encontró que las medias de la cantidad de huevo quebrado antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente iguales y no existen diferencias significativas en las varianzas de la cantidad de huevo picado antes y después de la reestructuración del proceso de producción en un nivel de significancia del 5%.

En general se puede decir que no hubo cambios significativos en la cantidad de cada tipo de huevo después de la reestructuración del proceso de producción, mientras que la variabilidad tuvo un cambio positivo; se redujo, lo que significa que la producción diaria fue estandarizada, excepto para el huevo quebrado.

6.9. ESTABILIDAD FÍSICA DEL HUEVO FRESCO, PASTEURIZADO Y EN POLVO.

6.9.1. Viscosidad aparente. A partir de las medidas realizadas en el viscosímetro se aplicó la ley de potencias y se obtuvieron los siguientes resultados (Figuras 17-34):

6.9.1.1. Huevo fresco.

Figura 9. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo fresco.

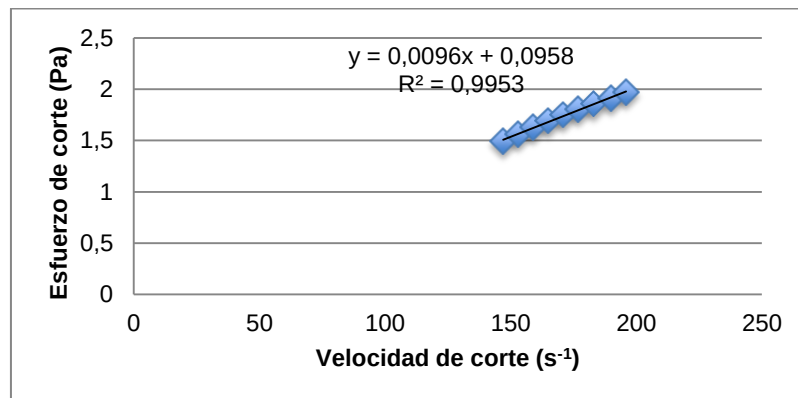
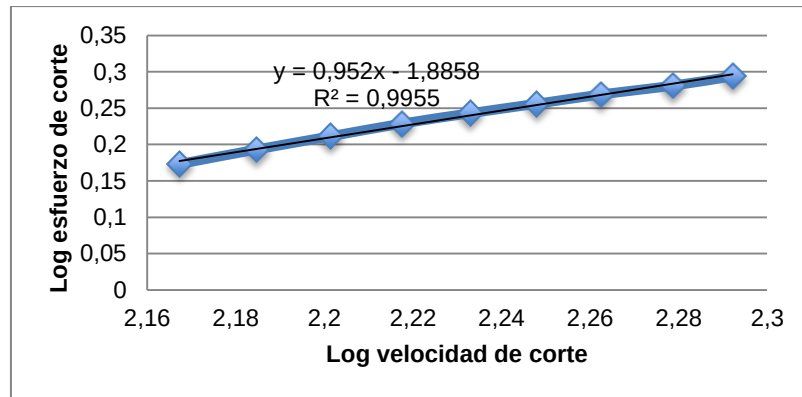


Figura 10. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo fresco.



En la Figura 9 se puede observar el resultado de la viscosidad para el lote 1 (0,0096 Pa.s); mientras que para el lote 2 es 0,008 Pa.s y para el 3 es 0,0075 Pa.s. La viscosidad de los productos de huevo varía en un amplio rango. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Coterill *et al.* (1995); 0,02 Pa.s a 5°C y 0,007 Pa.s a 60°C.

A partir de los datos obtenidos en la Figura 10 se puede decir que el huevo fresco es un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico ya que $0 < n < 1$. En este tipo de fluidos un incremento en la velocidad de corte genera un menor incremento en el esfuerzo de corte. Este comportamiento posiblemente se debe al rompimiento de las unidades estructurales del alimento debido a las fuerzas hidrodinámicas generadas durante el corte. Según Tang, McCarthy y Munro (1993), este comportamiento podría atribuirse a los efectos de la ruptura de los enlaces débiles entre las proteínas. Si la red se rompe, la viscosidad aparente disminuye; como resultado, las moléculas se organizan en la dirección del cizallamiento, disminuyendo la resistencia al flujo. Este efecto también se le puede atribuir a los cambios en la estructura de los glóbulos de la grasa.

6.9.1.2. Huevo pasteurizado.

Figura 11. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo pasteurizado.

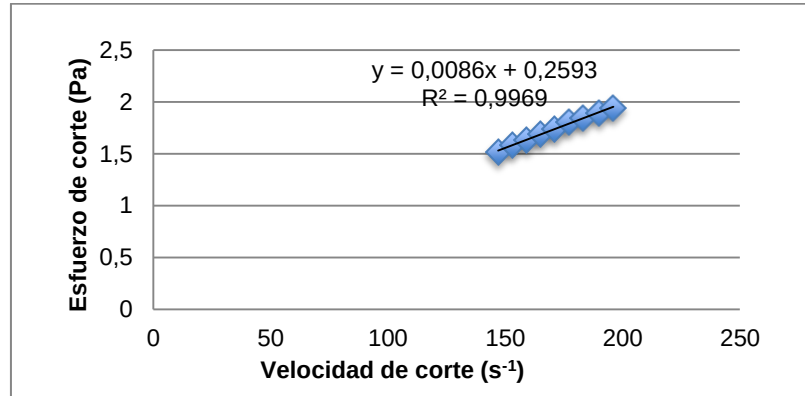
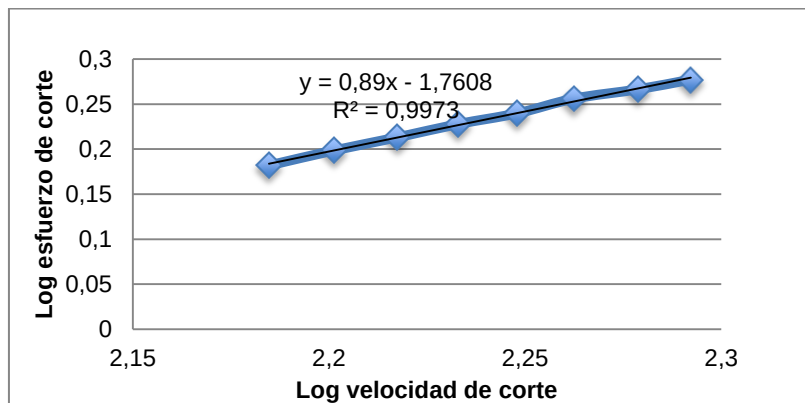


Figura 12. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo pasteurizado.



De la Figura 11 se obtuvo el resultado de viscosidad para el lote 1; 0,0086 Pa.s, mientras que para el 2 es 0,0076 Pa.s y para el 3 es 0,0093 Pa.s. No existen diferencias significativas entre las viscosidades del huevo fresco y pasteurizado, esto puede ser debido a que la pasteurización no produce desnaturalización de las proteínas, responsables de las propiedades reológicas del huevo. Cassiraghi *et al.* (2009) reportan valores de viscosidad para el huevo pasteurizado que oscilan entre 0,006Pa.s y 0,015Pa.s con un promedio de $0,0104 \pm 23,9$ Pa.s; estos valores son similares a los obtenidos en este trabajo. En un estudio basado en procesamiento de huevo por campos de pulsos eléctricos de alta intensidad, se encontró que a 19kV/cm para muestras homogenizadas la

viscosidad es de $0,01 \pm 0,21\text{Pa.s}$ y sin homogenizar $0,018 \pm 1,13\text{Pa.s}$ (Hernando *et al.*, 2009).

De la figura 12 se puede inferir que el huevo pasteurizado es un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico puesto que $0 < n < 1$, lo que concuerda con Kozkurt e Icier (2012) quienes encontraron que el huevo entero líquido sometido a calentamiento ohmico a un voltaje de 20V/cm a 50Hz presenta características de fluido no Newtoniano tipo pseudoplástico y su índice de comportamiento de flujo (n) estuvo en un rango de 0,908-0,992. Fernández y Mendes de Souza (2012) encontraron que la pasteurización y el tratamiento ultravioleta con ondas cortas (UV-C) no altera el comportamiento pseudoplástico de los productos de huevo líquido.

6.9.1.3. Huevo en polvo.

Figura 13. Esfuerzo de corte vs. velocidad de corte del lote 1 de huevo en polvo.

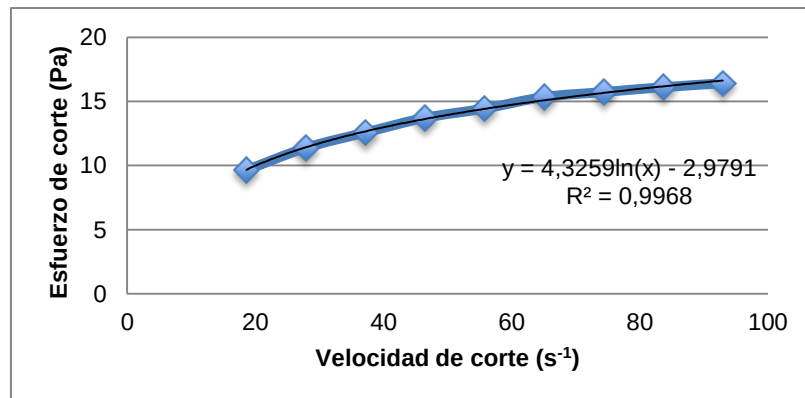
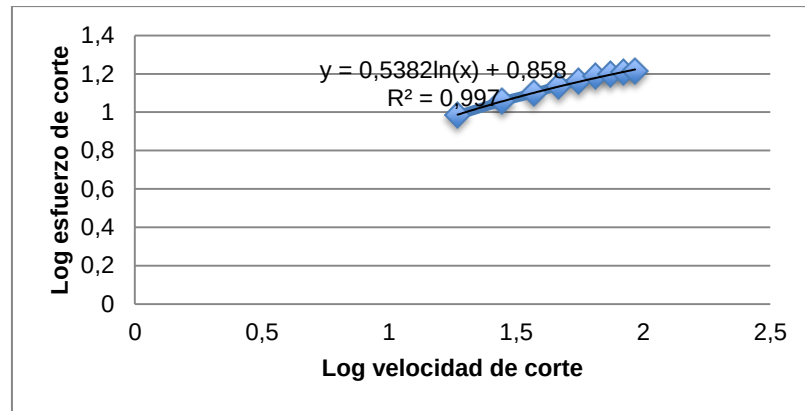


Figura 14. Log esfuerzo de corte vs. Log velocidad de corte del lote 1 de huevo en polvo.



De la Figura 13 se obtuvo el resultado de viscosidad para el lote 1 cuyo valor es 4,326 Pa.s, mientras que para el 2 es 4,647 Pa.s y para el 3 es 4,826 Pa.s. La yema de huevo secada por aspersión con una temperatura de salida de 60°C tiene una viscosidad de 3Pa.s, mientras que a una temperatura de salida de 107°C es de 80Pa.s. (Cotterill *et al.*, 1995).

El huevo en polvo presenta un comportamiento plástico o de Herschel-Bulkley como se puede observar en la Figura 14. Se puede decir entonces que el secado por aspersión genera un cambio en el tipo de fluido y un aumento en la viscosidad, esto se debe posiblemente a que la desnaturalización de las proteínas que se produce durante el secado por aspersión del huevo genera un cambio en las propiedades reológicas, pasando de un comportamiento tipo fluido en las muestras de huevo líquido fresco, a un comportamiento tipo gel en las muestras de huevo deshidratado reconstituido. El desdoblamiento de las proteínas promueve la formación de una estructura tipo gel (Guerrero *et al.*, 2000). Chang y Chen (2000) reportaron que el complejo ovomucina-lisozima tiene un rol importante reduciendo la viscosidad. Durante la deshidratación del huevo ocurre desnaturalización de las proteínas más sensibles; la ovomucina es una de las proteínas menos estables y una vez esta se desnaturaliza, se rompe el complejo ovomucina-lisozima, siendo ésta una de las razones por las cuales hay un considerable aumento en la viscosidad del huevo en polvo.

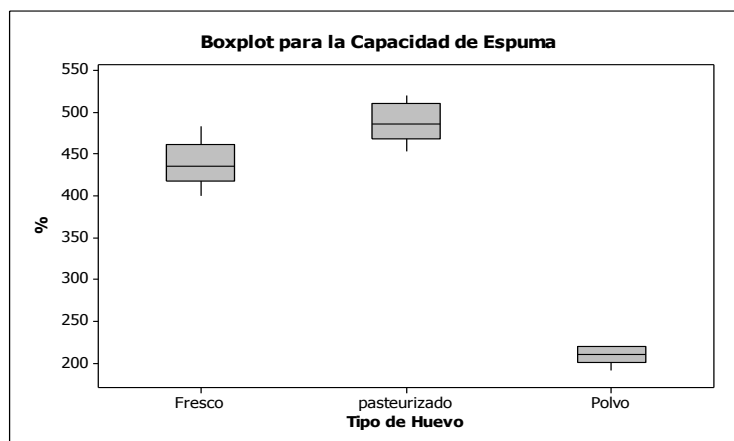
6.9.2. Capacidad de espuma. A continuación en la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de capacidad de espuma para tres lotes de los tres tipos de huevo.

Tabla 6. Resultados obtenidos para la capacidad de espuma.

Nº LOTE	TIPO DE HUEVO		
	FRESCO (%)	PASTEURIZADO (%)	POLVO (%)
LOTE 1	415	485	200
	430	460	211,5
	475	520	220
LOTE 2	420	475	199,5
	440	453	219,500
	483	518	220
LOTE 3	400	480	190
	435	489	205
	448	503	210
PROMEDIO	438	487	208
σ	27	23	11

En la Tabla 6 se observa que el promedio de capacidad de espuma para huevo pasteurizado es de $487 \pm 23\%$, siendo este el valor más alto de capacidad de espuma entre los tres tipos de huevos, mientras que el más bajo es el de huevo en polvo $208,389 \pm 10,632\%$ y el intermedio el de huevo fresco $438,444 \pm 27,079\%$, valor similar al reportado por Cassiraghi *et al.*, (2009). Por otro lado, Hernando *et al.* (2009) reportan que el huevo líquido tratado con campos de pulsos eléctricos de alta intensidad a 19kV/cm tiene una capacidad de espuma del 82,86% con tratamiento previo de homogenización y 36,84% sin homogenizar; a 29kV/cm homogenizado 76,92% y 33,33% sin homogenizar. Comparando el huevo de gallina con el huevo de avestruz, Olivares (2006) encontró que aunque los dos tipos de huevo entero exhibieron similar comportamiento, el huevo entero de gallina demostró ser mejor que el de avestruz para la formación de espuma.

Figura 15. Diagrama de cajas y alambres para la capacidad espuma.



De la Figura 15 se puede decir que la dispersión es mayor en el huevo fresco, mientras que el huevo en polvo presenta la menor dispersión. Según la mediana el huevo pasteurizado es el que presenta mayor capacidad de espuma y el huevo en polvo la menor.

Debido a que se cumplen los supuestos de normalidad e igualdad de varianza de los residuales y que existen diferencias significativas entre los tipos de huevo, se emplean pruebas paramétricas (Anexo 9), donde se encontró que para la capacidad de espuma los tres tipos de huevo son estadísticamente diferentes con un valor de significancia del 95% y mediante la prueba de comparación se comprobó que los tres tipos de huevos difieren significativamente en cuanto a la capacidad de espuma.

La capacidad de espuma varía con el origen y la composición de la proteína, las condiciones del medio y el tratamiento al que se le someta (Olivares, 2006). La desnaturalización de las proteínas es deseable, ya que casi siempre mejora las propiedades espumantes como ocurrió con el huevo pasteurizado, el cual presentó el mayor valor de capacidad de espuma. La pasteurización produce un aumento en la densidad de la matriz de lipoproteínas, lo que se debe probablemente a la intensificación de las interacciones proteína-proteína, causada por la desnaturalización parcial y la insolubilización de las proteínas durante el tratamiento térmico (Hernando et al., 2011). La formación de espuma se debe a la globulina y la lisozima, las cuales contribuyen a la alta viscosidad y a la disminución de la tensión superficial (Fennema, 1996).

El huevo en polvo secado por aspersión tiene un bajo porcentaje de capacidad de espuma posiblemente debido al bajo contenido de proteínas. La globulina es una proteína termolábil, por lo tanto, el bajo porcentaje de capacidad de espuma es esperado en este tipo de huevo (Bamford y Bennion, 1997).

6.9.3. Estabilidad de espuma. En la Tabla 7 se muestran los resultados de la estabilidad de espuma para tres lotes de los diferentes tipos de huevo.

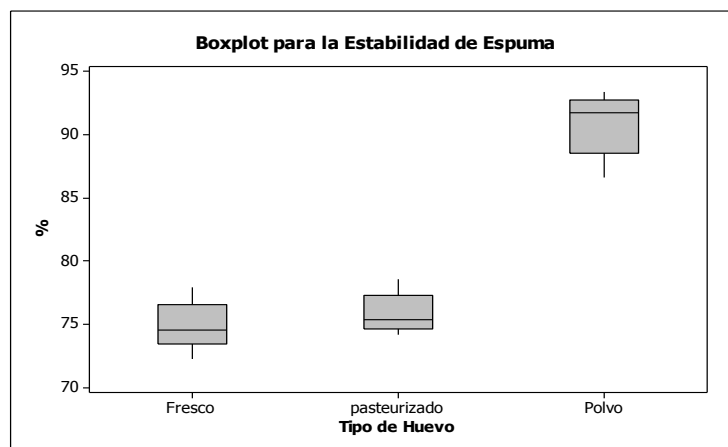
Tabla 7. Resultados obtenidos para la estabilidad de espuma.

Nº LOTE	TIPO DE HUEVO		
	FRESCO (%)	PASTEURIZADO (%)	POLVO (%)
LOTE 1	73,494	74,227	91,75
	76,744	76,087	92,435
	77,895	75,385	91,364
LOTE 2	73,81	75,789	91,979
	74,545	75,055	93,394
	75,776	78,571	93,182
LOTE 3	72,25	74,167	90,263
	76,322	75,256	86,585
	73,438	78,529	86,905
PROMEDIO	74,919	75,896	90,873
Σ	1,858	1,631	2,522

Se tiene que el promedio de estabilidad de espuma para el huevo en polvo es de $90,873 \pm 2,522\%$, siendo este el valor más alto, mientras que el huevo fresco líquido presenta una estabilidad de espuma del $74,919 \pm 1,858\%$ y el huevo líquido pasteurizado $75,896 \pm 1,631\%$, siendo éstos dos últimos valores muy similares.

Cassiraghi *et al.* (2009) reportan valores entre 9% y 36,6% para estabilidad de espuma de huevo pasteurizado. Por otra parte, Lomakina y Míková (2006) mostraron valores de estabilidad de espuma de huevo fresco del 52% y 56% para huevo líquido tratado con altas presiones. Estos valores reportados en la literatura son menores a los encontrados en la presente investigación.

Figura 16. Diagrama de cajas y alambres para la estabilidad espuma.



Según la mediana el huevo en polvo es el que presenta mayor estabilidad de espuma (Figura 16). El huevo pasteurizado y el huevo fresco presentan valores muy similares, aunque se nota un mayor valor para huevo pasteurizado.

Al igual que para la capacidad de espuma, se emplearon pruebas paramétricas (Anexo 10) donde se encontró que la estabilidad de espuma es diferente para los tres tipos de huevo en un nivel de significancia del 5% y mediante la prueba de Tukey se encontró que el huevo tipo polvo presenta mayor estabilidad de espuma que los tipos de huevo pasteurizado y fresco, donde estos dos últimos son estadísticamente iguales en cuanto a la estabilidad de espuma.

Durante la formación de espuma, las proteínas forman una monocapa en la interfaz a través de enlaces hidrófobos o enlaces de hidrógeno, que determinan la estabilidad de las espumas. El tratamiento térmico a altas temperaturas (por encima de 55°C) parece mejorar estas interacciones proteína-proteína; mediante interacciones entre grupos hidrófobos o grupos sulfhidrilo (Hendrickx *et al.*, 2007), razón por la cual se puede explicar la alta estabilidad de espuma del huevo en polvo.

Hendrickx *et al.* (2007) encontraron que el colapso de las espumas preparadas a partir de huevo líquido no tratado fue reducido, mientras que las espumas preparadas a partir de soluciones de huevo tratados de 50 a 55°C mostraron un menor colapso y las soluciones tratadas a temperaturas superiores a 60°C no presentaron colapso alguno, resultados

similares a los encontrados en el presente trabajo. La velocidad con que ocurre el colapso de las espumas se ve afectada por la viscosidad del líquido, ya que cuanto más viscoso sea el líquido mayor será la estabilidad de la espuma generada (Belandria, 2001), lo que también explica la alta estabilidad del huevo en polvo.

6.9.4. Capacidad de expansión. A continuación se muestran los resultados de la capacidad de expansión de torta expresada en mL para tres lotes de los diferentes tipos de huevo (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados obtenidos para capacidad de expansión.

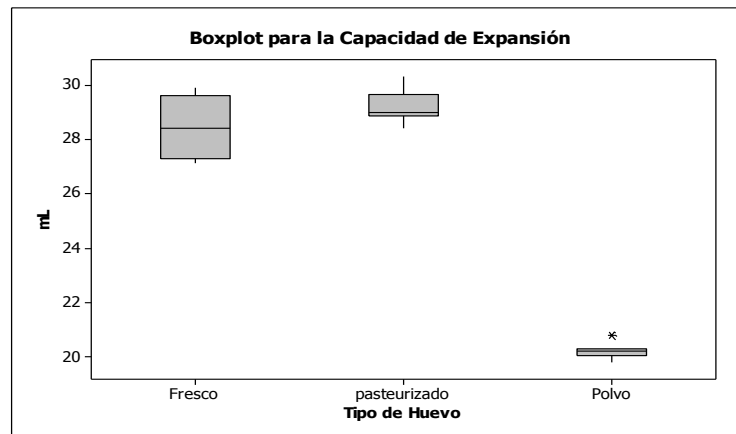
TIPO DE HUEVO CON QUE SE PREPARO LA TORTA				
Nº LOTE	FRESCO (mL)	PASTEURIZADO (mL)	POLVO (mL)	
LOTE 1	27,2	28,4	20,2	
	29,5	29,7	20,8	
	29,9	28,9	20,3	
LOTE 2	27,8	29	20,1	
	28,4	28,9	20,2	
	29,1	30,3	20,3	
LOTE 3	27,1	28,8	19,8	
	29,7	29,2	20	
	27,4	29,6	20,1	
PROMEDIO	28,455	29,2	20,2	
Σ	1,124	0,574	0,274	

En la Tabla 8 se puede observar que el huevo pasteurizado y el huevo fresco presentan capacidades de expansión similares, del orden de $29,2 \pm 0,574$ mL y $28,455 \pm 1,124$ mL respectivamente, mientras que el huevo en polvo presenta el valor más bajo ($20,2 \pm 0,274\%$).

Cassiraghi *et al.* (2009) reportan valores entre 27,8 y 30,3 mL para la capacidad de expansión de muestras de huevo pasteurizado proveniente de diferentes canales de distribución, resultados similares a los encontrados aquí. Johnson *et al.* (1995) presentan

un valor de capacidad de expansión de $49 \pm 0,5$ mL para muestras comerciales de huevo deshidratado por aspersión, resultado 1.5 veces mayor al encontrado en este trabajo.

Figura 17. Diagrama de cajas y alambres para la capacidad de expansión.



De la Figura 17 se puede decir que el huevo pasteurizado es el que tiene la mayor dispersión. Se observa que el huevo en polvo presenta un valor atípico correspondiente a 20,8mL. Según la mediana el huevo fresco y el pasteurizado presentan mayor capacidad de expansión y sus valores son muy similares, mientras que el huevo en polvo presenta la menor capacidad de expansión.

Debido a que se cumple el supuesto de normalidad pero no el de homogeneidad de varianzas, se emplean pruebas no paramétricas (Anexo 11); donde se encontró que existen diferencias significativas entre los tres tipos de huevo para la capacidad de crecimiento en un nivel de significancia del 5% y mediante la prueba de Mann-Whitney se observó que la capacidad de expansión es igual entre los huevos tipos fresco y pasteurizado, mientras que el huevo deshidratado en polvo es diferente de los demás en cuanto a su capacidad de espuma, presentando el menor valor.

Las tortas elaboradas con huevo fresco mostraron un mayor valor de capacidad de expansión que las elaboradas con huevo en polvo secado por aspersión y con huevo congelado. Generalmente la capacidad de expansión depende de las propiedades espumantes y de coagulación de la mezcla cruda (Cotterill, 1995). Los resultados obtenidos para la capacidad de expansión del huevo en polvo no concuerdan con lo encontrado en la bibliografía y además en los datos obtenidos se muestra un valor atípico.

6.10. ESTABILIDAD QUÍMICA DEL HUEVO PASTEURIZADO Y EN POLVO.

De los resultados del análisis proximal de huevo líquido pasteurizado (Anexo 12) se puede observar que no hubo cambios en la composición química en comparación con el huevo líquido sin tratar, a excepción de la posible desnaturalización de proteínas tremolábiles, pero no se presentan cambios significativos; mientras que el análisis proximal de huevo en polvo (Anexo 13) mostró que hubo una disminución de la humedad del producto, pasando de aproximadamente un 74,5% a 2,94%, igualmente se evidenció un aumento en el contenido de proteína, pasando de 12,5% a 32,53% en base húmeda, a lo que se le puede atribuir la alta estabilidad de la espuma.

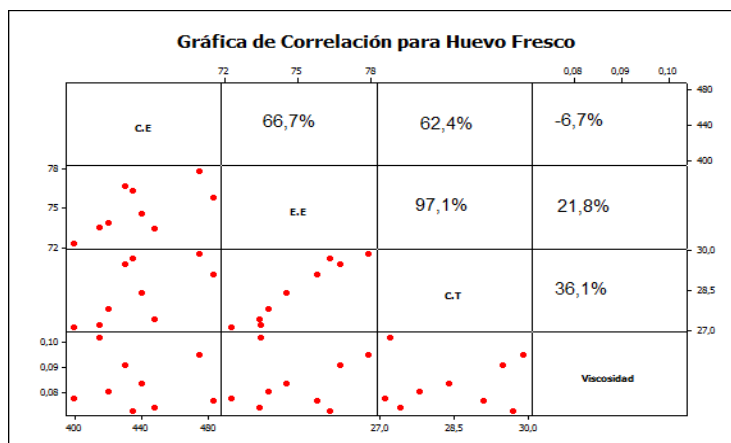
6.11. ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO PASTEURIZADO Y EN POLVO.

Los resultados del análisis microbiológico realizado al huevo pasteurizado (Anexo 14) y al huevo en polvo (Anexo 15) muestran que ambos productos cumplen con las especificaciones requeridas para su comercialización. Comparando los resultados obtenidos con los resultados del huevo líquido fresco se puede ver que la cantidad de microorganismos patógenos en el huevo pasteurizado es mucho menor. En el caso del recuento de coliformes totales se tiene que debe ser menor a diez, pero en el huevo líquido crudo es de 290 NMP/g, lo que indica que ese tipo de huevo debe ser tratado para poder comercializarse. Comparando los resultados del huevo en polvo con los del huevo pasteurizado se puede decir que este último es el que presenta el menor recuento de microorganismos, lo que indica que este tratamiento térmico es el más efectivo.

6.12. CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.

6.12.1. Huevo fresco.

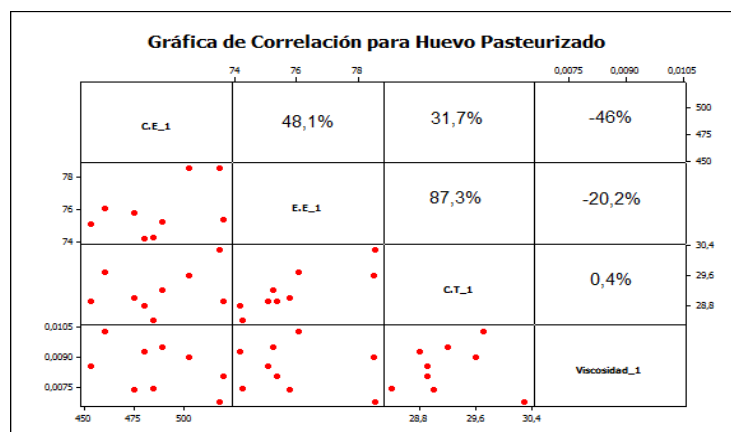
Figura 18. Correlación de variables de respuesta para huevo fresco.



De la gráfica de correlación de variables (Figura 18) se puede decir que hay una relación lineal directa muy fuerte entre estabilidad de espuma y capacidad de expansión de torta, con una relación del 97,1%; por otra parte se encontró una relación lineal moderada entre capacidad de espuma y estabilidad de espuma (66,7%) y capacidad de espuma y capacidad de expansión (62,4%). Lo anterior indica que todas las propiedades espumantes se relacionan entre sí y con la capacidad de expansión.

6.12.2. Huevo pasteurizado.

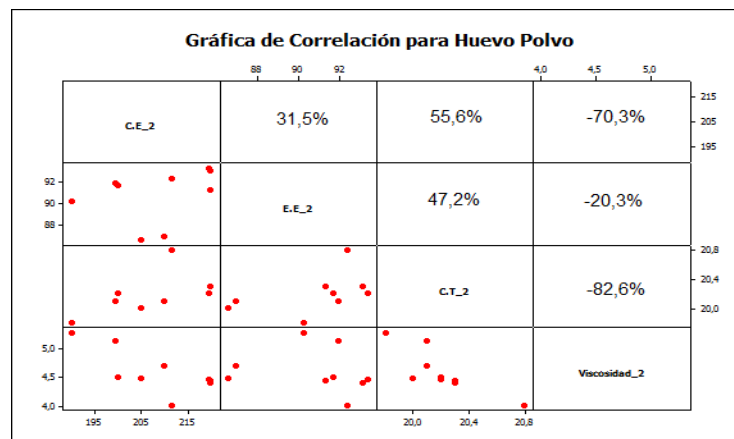
Figura 19. Correlación de variables de respuesta para huevo pasteurizado.



En la Figura 19 se puede observar que existe una relación lineal directa fuerte entre estabilidad de espuma y capacidad de expansión con una relación del 87,3%, lo que indica que a medida que aumenta la estabilidad de espuma, aumenta la capacidad de expansión.

6.12.3. Huevo en polvo.

Figura 20. Correlación de variables de respuesta para huevo en polvo.



De la Figura 20 se puede decir que existe una relación inversamente proporcional fuerte entre viscosidad y capacidad de expansión con una relación del 82,6%, es decir que a mayor viscosidad, menor será el valor de capacidad de expansión; de igual manera se tiene una relación inversamente lineal moderada entre viscosidad y capacidad de espuma (70,3%) y una relación lineal directa moderada entre capacidad de espuma y capacidad de expansión (55,6%).

En general, se puede decir que en los tres tipos de huevo hay una correlación directa entre las propiedades espumantes y la capacidad de expansión de torta, resultados similares a los encontrados por Cassiraghi *et al.* (2009) quienes encontraron que la viscosidad está directamente relacionada con las propiedades espumantes, lo que indica que un producto de huevo entero entre más viscoso tiende a desarrollar mayores volúmenes de espuma, más consistente y con mayor estabilidad. De igual manera, Nakai y Townsend (1983) también encontraron que la viscosidad está cercanamente correlacionada con la capacidad de espuma.

7. CONCLUSIONES

Los cambios realizados en el proceso de producción de la E.A.T Avícola Alejandría redujeron la variabilidad en la cantidad de cada tipo de huevo (Calidad A, quebrado, sucio y fisurado), es decir que la producción se estandarizó, pero no hubo una disminución en los huevos tipo sucio, picado y quebrado.

Los tratamientos térmicos de pasteurización y secado por aspersión del huevo líquido producen cambios en la estabilidad química, física y microbiológica.

El tratamiento de secado por aspersión genera un cambio en el tipo de fluido en comparación con el huevo líquido fresco.

En el huevo pasteurizado se producen cambios positivos en la estabilidad física del huevo, mejorando la capacidad de espuma; en cuanto a la microbiología es el que presenta la menor carga microbiana y químicamente presenta una composición muy similar a la del huevo entero líquido.

El huevo deshidratado secado por aspersión presenta la mejor estabilidad de espuma debido a los enlaces que se producen durante el tratamiento térmico.

Se encontró correlación entre las propiedades espumantes y la capacidad de expansión en los tres tipos de huevo.

8. RECOMENDACIONES

Realizar seguimiento microbiológico al huevo líquido producido por la E.A.T Avícola Alejandría con el fin de verificar si los cambios realizados al proceso de producción son satisfactorios.

Estudiar el efecto de la estabilidad física del huevo. Se podrían incluir variables tales como densidad, pH, capacidad de retención de agua.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, R., CALVO, J. M., GONZÁLES, J. M., OCHOA, O., RIVERO, J. Técnico auxiliar de hostelería de la Universidad de Granada. Ed. Mad, S.L. pp: 211-215. 2005.

ANÓNIMO. 2010. Nueva tecnología para pasteurizar huevos con cáscara. Higiene alimentaria. Acceso: 28 de Abril de 2011. Disponible en internet: <http://www.higieneambiental.com/higiene-alimentaria/nueva-tecnologia-para-pasteurizar-huevos-con-cascara>. 2010.

ANTIA, W.A., MARTÍNEZ, C. E. Diseño de un sistema de información de costos para una empresa avícola productora de huevos. Facultad de ciencias de la administración-Plan de contaduría pública. Universidad del Valle. pp: 8, 42, 43. 1999.

ARIZA, J., GARCÍA, J.J. Normativa de comercialización de huevos y ovoproductos. Lecciones sobre el huevo. Edita instituto de estudios del huevo. Madrid. Acceso: 10 de Junio de 2012. Disponible en internet: http://institutohuevo.es/images/archivos/lecciones_del_huevo_completo.pdf#page=119. 2002.

ARNTFIELD, S. D., BERNATSKY, A. Characteristic of heat-induced networks for mixtures of ovalbumin and lysozyme. Journal of Agricultural and Food Chemistry.1993.

BADUI, D. Química de los alimentos. Ed. Pearson. Cuarta edición. México. pp: 210-213. 2006.

BAMFORD, G. S., BENNION, E. B. The technology of cake making. Editorial Chapman & Hall. Sixth Edition. 1997.

BARROETA, A. Formación del huevo. Lecciones sobre el huevo. 2002. pp: 46-48. Acceso: 5 de Mayo de 2011. Disponible en internet: http://www.institutohuevo.com/images/archivos/lecciones_del_huevo_completo.pdf.

BELANDRIA, A. Estabilización de espumas no acuosas en presencia de sólidos finos. Tesis de grado de Ingeniería química. Universidad de los Andes. 2001.

BELITZ, H., GROSCH, D. Huevos. Food chemistry. Ed. Springer. 4th revised and extended Edition. 2009.

BORRERO, M. L. El huevo en la mira. Composición y valor nutricional del huevo: su importancia como fuente de energía, nutrientes y otros componentes. FENAVI y Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Editado por el Comité Editorial del Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Ciencias-Pontificia Universidad Javeriana. Acceso: 5 de Mayo de 2011. Disponible en internet: http://www.fenavi.org/fenavi/admin/uploaded/file/El_Huevo_en_la_MiraOK.pdf#page=13). 2010

BOZKURT, H., ICIER, F. The change of apparent viscosity of liquid whole egg Turing ohmic and convencional heating. Journal of Food Process Engineering. 2012.

CABELLOS, P. J., LIZCANO, L., GARCÍA. Manual de Aplicación del Sistema APPCC en Centros de Clasificación de Huevos e Industrias de Ovoproductos de Castilla-La Mancha. Acceso: 7 de Junio de 2012. Disponible en: <http://pagina.jccm.es/sanidad/salud/agroalimentaria/manhue.pdf>. 2006.

CASSIRAGHI, E., HIDALGO, A., PRIMAVESI, L., ROSSI, M. Functional properties of *Secado por aspersión, variables de proceso, humedad, higroscopicidad, compuestos funcionales, rendimiento, temperatura.* pasteurised liquid whole egg products as affected by the hygienic quality of the raw eggs. Milan, Italia. Journal of food science and technology. 2009.

CHEFTEL, J.C., CUQ, J. L., LORIENT, D. Proteínas alimentarias. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp: 49-102. 1989.

CODEX. Código de prácticas de higiene para los huevos y los productos de huevo. 1976

CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y social) 3468. 2007. Política nacional de sanidad e inocuidad para la cadena avícola. Acceso: 4 de Junio de 2012. (Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/68745805/conpes-avicola>). 2012.

COTTERILL, O. J., STADELMAN W. O. Egg science and technology. Cuarta edición. 1995.

CHANG, P. K., POWRIE, W. D., FENNEMA, O. Effect of heat treatment on viscosity of yolk. J. Food Sci. 35, 864. 1970.

CHANG, Y. I., CHEN, T. C. Functional and gel characteristics of liquid whole egg as affected by pH alteration. Journal of Food Engineering, v. 45, n. 4, 2000. p. 237-241.

DELGADO, J., GÉLVEZ, V. M., MENDOZA, F. The effect of ultrasonic treatment on some functional properties of egg White. Revista científica, FCV-LUZ / Vol. XIX, Nº 1. pp: 71-76. 2009.

DREYER, J. Análisis del mercado mundial del huevo y ovoproductos. XXII Congreso Latinoamericano del Huevo de Argentina. Acceso: 10 de Junio de 2012. Disponible en internet: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2044/analisis-del-mercado-mundial-del-huevo-y-ovoproductos>. 2011.

ENTREVISTA con Germán Vargas, Gerente general de la E.A.T. Avícola Alejandría. Cali, 10 de Abril de 2011.

FAO. Código de prácticas de higiene para los huevos y productos de huevo (CAC/ RCP 15-1976). Acceso: 7 de Junio de 2012. Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/012/i1111s/i1111s01.pdf>. 2007

FENNEMA, O. R. Food Chemistry. Editorial Marcel Dekker, Inc. pp. 321-429. 1996.

FERNÁNDEZ, A., MENDES DE SOUZA, P. Rheological properties and proteins quality of UV-C processed liquid egg products. Food hydrocolloids. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, SCIC. Paterna, España. 2012.

FERREIRA M, BENRINGER R, JOST R. Instrumental method for characterizing protein foams. *Journal of Food Science*, 60: 90-93. 1995.

FINAGRO. Avicultura. Acceso: 1 de Mayo de 2011. Disponible en internet: <http://www.finagro.com.co/html/cache/gallery/GC-8/G-11/avicultura.pdf>. 2009.

GALLARTI, J., CORTES, V., CABALLERO, D., GIL, M.J., MONSERRAT, M.J., CANÓS, M. Guía normativa de comercialización de huevos y ovoproductos. Editado por Generalitat Valenciana-Conselleria de sanitat. Acceso: 1 de Mayo de 2011. Disponible en internet: <http://es.calameo.com/read/000028645a80862a6bf17>. 2004.

GIL, A. Tratado de nutrición. Tomo II. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Ed. Panamericana. 2010. pp: 77-96 (capítulo 4).

GÓNGORA, M. M., PEDROW, P.D., SWANSON, B.G., BARBOSA, G.V. Energy analysis of liquid whole egg pasteurized by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering* 57. pp 209-216. 2003.

GUERRERO, A. F., MIRANDA, J., PARTAL, P. Reología de derivados de la yema de huevo deshidratada. *Grasas y aceites*. Vol. 51. Fasc. 4. pp: 244-250. Acceso: 13 de Septiembre de 2012. Disponible en internet: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/419/436>). 2000.

HENDRICKX, M. E., VAN DER PLANCKEN, I. Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high pressure treatment. *Journal of Food Engineering* 78: 1410-1426. 2007.

HERMAWAN, N., EVRENDILEK, G. A., DANTZER, E., ZHANG, Q., RICHTER, E. Pulsed electric field treatment of liquid whole egg inoculated with *Salmonella Enteritidis*. *Journal of food safety*. 2004.

HERNANDO, I., MARCO R., PÉREZ, I. Effect of pulsed electric fields on the main chemical components of liquid egg and stability. *Czech Journal of Food Sciences*. Vol. 27. 2009.

INOVO. Sector de los ovoproductos en España. Asociación española de industrias de ovoproductos. Acceso: 2 de Mayo de 2011. Disponible en internet: http://www.inovo.es/quienes_somos_sector.asp. 2008.

INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL HUEVO. 2006. Seguridad alimentaria en huevos y ovoproductos. Editado por instituto de estudios del huevo. Madrid. Acceso: 6 de Mayo de 2011. Disponible en internet: http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/publicaciones_estudios_seguridad_seguridad_alimentaria_huevos_ovoproductos1.pdf. 2006.

JOHNSON, J. A., RAEKER, M. Ö. Cake-baking (high-ratio White layer) properties of egg White, bovine blood plasma, and their proteins fraction. Cereal Chem. 1995. 72(3): 299-303.

LABUZA, T. P. Moisture gain and loss in Packaged foods. Food Technology. 1982.

LOMAKINA, K., MÍKOVÁ, K. A study of the factors affecting the foaming properties of egg white- Czech J. Food Sci. pp: 110-118. 2006.

MÉNDEZ, A. F., PANIAGUA, A. M., PÉREZ, L. Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Cautte). Latin-American Journal of Physics Education. 2010.

MOBA. OvoPro – Desde el huevo al producto crudo. Acceso: 1 de Mayo de 2012. Disponible en internet: www.moba.nl/savefile/3342/Moba.../Brochure_Egg_Raw_SPA.pdf. 2010.

NAKAI, S., TOWNSEND, A. Relationships Between Hydrophobicity and Foaming Characteristics of Food Proteins. Journal of Food Science. Volume 48, Issue 2. pp: 588–594. 2006

NAVARRO, M., RODRÍGUEZ, J. J. El huevo pasteurizado como garantía de seguridad. Observatorio de la seguridad alimentaria-Universidad Autónoma de Barcelona. Acceso: 1 de Mayo de 2011. Disponible en internet: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2002/09/10/3274.php>). 2010.

NTC 1240. Industria alimentaria. Huevos de gallina frescos para consumo. 1987.

OLIVARES, J. P. Propiedades funcionales del huevo de avestruz y su aplicación en algunos productos alimenticios. Instituto Politécnico nacional. Acceso: 15 de Junio de 2012. Disponible en internet: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/7392/3/PROPFUNCION.pdf>. 2006.

PASCUAL, M.R., CALDERÓN, V. Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas. Ed. Diaz de Santos. Madrid. 2000.

PRODUCTOS HUEVOS MARYPER S.A. Fichas técnicas Productos Huevos Maryper S.A. Huevo líquido pasteurizado (Maryper PR-004/1). Acceso: 9 de Mayo de 2011. Disponible en internet: http://www.maryper.com/FICHAS_TECNICAS/fichas_tecnicas_PDF/HUEVO%20L%CDQUIDO%20PASTEURIZADO.pdf.

ROSENTHAL, A. J. Application of aged eggs in enabling increased substitution of sucrose by Litesse (polydextrose) in high-ratio cakes. Journal of the Science of Food and Agriculture. pp: 127-131.1995.

SASTRE, A., ORTEGA, R., TORTUERO, F., COLS, E. Lecciones sobre el huevo. Madrid: Instituto de estudios del huevo. Ed. Instituto de estudios del huevo. Madrid. 2002.

TANG, Q., MCCARTHY, O., MUNRO, P. Effects of pH on whey-protein concentrate gel properties – comparisons between small deformation (failure) testing. J TEXTURE STUD. pp: 255-272. 1995.

USDA. Nutritive value on foods. Home and Bulletin Garden Number 72. 2002.

ANEXOS

ANEXO 1. OBTENCIÓN DE OVOPRODUCTOS SEGÚN EL CODEX (1976)

1) Inspección y clasificación: los huevos se deben examinar al trasluz antes de la rotura. Los huevos sucios se deben limpiar antes de la rotura. Los huevos agrietados con las membranas de la cáscara intactas se deben separar en recipientes someros contruidos de materiales adecuados. Los huevos agrietados con las membranas de la cáscara rotas deberán tratarse como material de desecho, pero si la rotura ha tenido lugar en la planta durante el examen al trasluz o la manipulación, se deben separar en un recipiente adecuado usado únicamente para este fin. Dichos huevos deben someterse a elaboración sin demora alguna.

2) Rotura individualmente: los huevos se deben romper, bien sea a mano, o bien a máquina, en copas o bandejas, y cada huevo debe inspeccionarse en cuanto a su aspecto y si es posible el olor.

3) Filtración y recogida: el huevo líquido se debe filtrar, bien sea por filtros adecuados o bien centrífugas u otro equipo adecuado. Si se emplean filtros, debe disponerse de varios filtros de acero inoxidable o monel, desinfectados y limpios, o de filtros de otro tipo para poder cambiarlos con frecuencia.

4) Enfriamiento: cuando la rotura no va seguida inmediatamente de la pasteurización, los productos de huevo líquido deben enfriarse rápidamente en un equipo capaz de reducir la temperatura del producto a 7°C. Si el producto ha de guardarse antes de la pasteurización, el almacenamiento debe hacerse en tanques convenientemente aislados durante un periodo que preferiblemente no debe pasar de 24 horas y no debe exceder nunca de 48 horas.

Si se han de guardar los productos de huevo líquidos más de 48 horas, se guardarán a temperaturas inferiores a 0°C.

5) Pasteurización: los productos de huevo líquido se deben pasteurizar preferiblemente como parte de un proceso continuo.

El huevo entero líquido crudo se pasteurizará por un procedimiento aprobado de calentamiento a una temperatura suficientemente elevada y durante un tiempo suficientemente prolongado para asegurar la destrucción de *Salmonella*. Una vez terminada la pasteurización, todos los productos líquidos deben enfriarse inmediatamente a una temperatura que no pase de 7°C.

6) Almacenamiento: el huevo líquido pasteurizado se puede conservar en tanques desinfectados, aislados y cubiertos, provistos de un agitador de baja velocidad y un termómetro, a condición que la temperatura del huevo no exceda de 5°C durante el período de conservación.

7) Empaquetado, enfriamiento y congelación: el llenado de recipientes debe ser un proceso continuo. Los recipientes llenados deben cerrarse inmediatamente y llevarse a la sala de enfriamiento o a la cámara de congelación sin demora excesiva

La congelación deberá efectuarse a velocidad suficiente para evitar el deterioro del producto y estar terminada dentro de las 24 horas después del llenado.

ANEXO 2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 1.



Código: R-ENL-10-V-01

INFORME DEL LABORATORIO

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Registro N° 3079
 Clase de Muestra: Huevo Líquido Clasificadora N° 1
 Ordenada por: Sra. Viviana Gaviria
 Razón social: Avicola Alejandria - 805.007.101-8
 Lugar de Recolección: Planta
 Dirección: Vía Río Claro - Jamundi, Valle
 Datos de recolección: Muestra tomada por el cliente
 Hora toma de muestra: 12:30 p.m.
 Fecha de recolección: Septiembre 1 de 2011
 Fecha de proceso: Septiembre 1 de 2011
 Fecha de edición del informe: Septiembre 9 de 2011

Teléfono: 513 6091

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	RESULTADOS	PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO EMPLEADO
NMP de Coliformas Totales	93		/g	NMP
NMP de Coliformas Fecales	15		/g	NMP
E. coli	Positivo		/g	Invic
Investigación de Salmonella	Negativo		25 g	Invima

OBSERVACIONES

La muestra analizada presenta Coliformas Totales, Coliformas Fecales y E. coli. Su presencia es signo de mala calidad higiénica en el proceso, falta de higiene de los manipuladores y/o deficiencia en el lavado y desinfección de los huevos.

ANEXO 3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 3.



Código: R-ENL-10-V-01

INFORME DEL LABORATORIO

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Registro N°: 3080
 Clase de Muestra: Huevo Líquido Clasificadora N° 3
 Ordenada por: Sra. Viviana Gaviria
 Razón social: Avicola Alejandria - 805.007.101-8
 Lugar de Recolección: Planta
 Dirección: Calle 1 N° 56 - 109 Rio Claro - Jamundí - Jamundí, Valle
 Datos de recolección: Muestra tomada por el cliente
 Hora toma de muestra: 12:30 p.m.
 Fecha de recolección: Septiembre 1 de 2011
 Fecha de proceso: Septiembre 1 de 2011
 Fecha de edición del informe: Septiembre 9 de 2011

Teléfono: 513 6091

ANALISIS MICROBIOLOGICO				
ANALISIS	RESULTADOS	PARAMETROS	UNIDADES	METODO EMPLEADO
NMP de Coliformes Totales	> 1100		/g	NMP
NMP de Coliformes Fecales	> 1100		/g	NMP
E. coli	Positivo		/g	Invic
Investigación de Salmonella	Negativo		25 g	Invima

OBSERVACIONES

La muestra analizada presenta Coliformes Totales, Coliformes Fecales y E. coli. Su presencia es signo de mala calidad higiénica en el proceso, falta de higiene de los manipuladores y/o deficiencias en el lavado y desinfección de los huevos.

ANEXO 4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DESPUÉS DE LA REESTRUCTURACIÓN DE HUEVO LÍQUIDO CLASIFICADORA N° 3.



Código: R-ENL-10-V-01

INFORME DEL LABORATORIO

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Registro N°: 3105
 Clase de Muestra: Huevo Líquido Clasificadora N° 3
 Ordenada por: Sra. Viviana Gaviria
 Razón social: Avicola Alejandria - 805.007.101-8
 Lugar de Recolección: Planta
 Dirección: Vía Río Claro - Jamundí, Valle Teléfono: 513 6091
 Datos de recolección: Muestra tomada por el cliente
 Hora toma de muestra: 01:48 p.m.
 Fecha de recolección: Diciembre 2 de 2011 Fec. Producción: 01/12/2011
 Fecha de proceso: Diciembre 2 de 2011
 Fecha de edición del informe: Diciembre 9 de 2011

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

ANALISIS	RESULTADOS	PARAMETROS	UNIDADES	METODO EMPLEADO
NMP de Coliformes Totales	290		/g	NMP
NMP de Coliformes Fecales	9.1		/g	NMP
E. coli	Negativo		/g	Invic
Investigación de Salmonella	Negativo		25 g	Invima

OBSERVACIONES

La muestra analizada presenta Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Su presencia es signo de mala calidad higiénica en el proceso, falta de higiene de los manipuladores y/o deficiencias en el proceso de lavado y desinfección del huevo.

ANEXO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO CALIDAD A.

Prueba de medianas.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medianas de los datos de cantidad de huevo de calidad A antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Hi: Existen diferencias significativas entre las medianas de los datos de cantidad de huevo de calidad A antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Figura 21. Prueba de Mann Whitney para huevo de calidad A.

Prueba de Mann-Whitney e IC: Calidad A. Calidad A_1

	N	Mediana
Calidad A	22	97,570
Calidad A_1	22	97,636

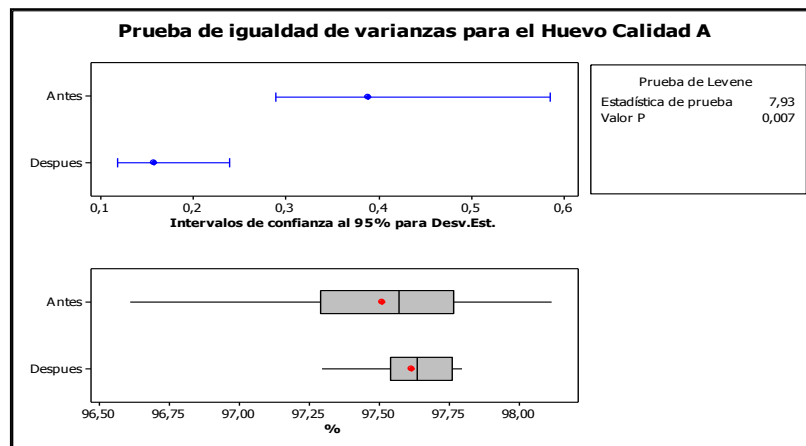
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -0,061
95,0 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (-0,218.0,084)
W = 462,0
Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0,4455

Prueba de varianzas.

Ho: Las variabilidades de los datos de cantidad de huevo calidad A antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente iguales.

Hi: Las variabilidades de los datos de cantidad huevo de calidad A antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente diferentes.

Figura 22. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo de calidad A.



ANEXO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO SUCIO.

Prueba de medias.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Hi: Existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Figura 23. Prueba de t de student para huevo sucio.

Prueba T e IC de dos muestras: Sucio. Sucio_1

T de dos muestras para Sucio vs. Sucio_1

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
Sucio	22	1,192	0,243	0,052
Sucio_1	22	1,104	0,120	0,026

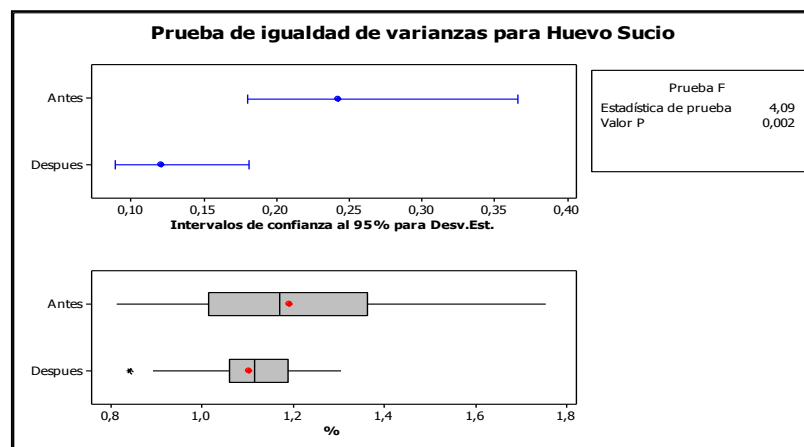
Diferencia = μ (Sucio) - μ (Sucio_1)
Estimado de la diferencia: 0,088
IC de 95% para la diferencia: (-0,0291. 0,2066)
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 1,54 Valor P = 0,134 GL = 30

Prueba de varianzas.

Ho: Las variabilidades de los datos de cantidad de huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente iguales.

Hi: Las variabilidades de los datos de cantidad huevo sucio antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente diferentes.

Figura 24. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo sucio.



ANEXO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO PICADO.

Prueba de medias.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo picado antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Hi: Existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo picado antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Figura 25. Prueba de t de student para huevo picado.

Prueba T e IC de dos muestras: Picado. Picado_1

T de dos muestras para Picado vs. Picado_1

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
Picado	22	0,838	0,216	0,046
Picado_1	22	0,8252	0,0623	0,013

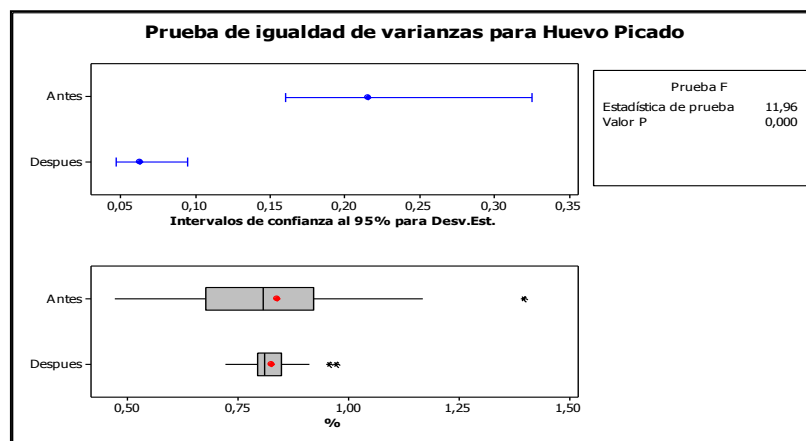
Diferencia = mu (Picado) - mu (Picado_1)
 Estimado de la diferencia: 0,0126
 IC de 95% para la diferencia: (-0,0861. 0,1113)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0,26 Valor P = 0,794 GL = 24

Prueba de varianzas.

Ho: Las variabilidades de los datos de cantidad de huevo picado antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente iguales.

Hi: Las variabilidades de los datos de cantidad huevo picado antes y después de la reestructuración del proceso de producción no son estadísticamente diferentes.

Figura 26. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo picado.



ANEXO 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HUEVO QUEBRADO.

Prueba de medias.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo quebrado antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Hi: Existen diferencias significativas entre las medias de los datos de cantidad de huevo quebrado antes y después de la reestructuración del proceso de producción.

Figura 27. Prueba de t de student para huevo quebrado.

Prueba T e IC de dos muestras: Quebrado. Quebrado_1

T de dos muestras para Quebrado vs. Quebrado_1

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error estándar
Quebrado	22	0,4572	0,0929	0,020
Quebrado_1	22	0,4550	0,0833	0,018

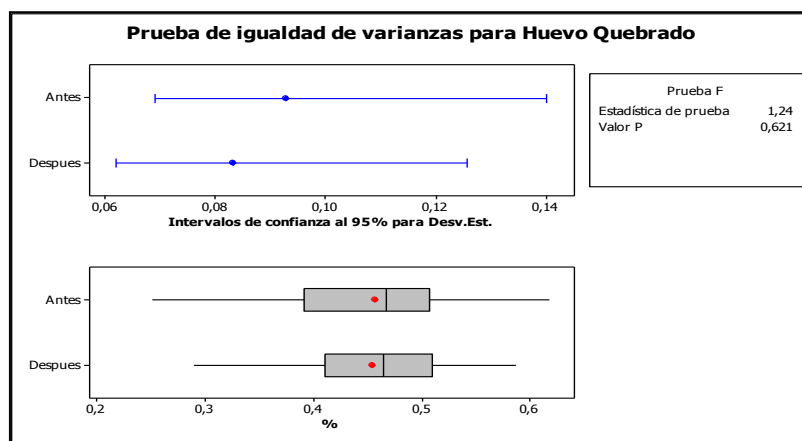
Diferencia = μ (Quebrado) - μ (Quebrado_1)
 Estimado de la diferencia: 0,0022
 IC de 95% para la diferencia: (-0,0515. 0,0559)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0,08 Valor P = 0,934 GL = 42
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 0,0882

Prueba de varianzas.

Ho: Las variabilidades de los datos de cantidad de huevo quebrado antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente iguales.

Hi: Las variabilidades de los datos de cantidad huevo quebrado antes y después de la reestructuración del proceso de producción son estadísticamente diferentes.

Figura 28. Prueba de igualdad de varianzas para el huevo picado.



ANEXO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE ESPUMA.

Análisis de varianzas (ANOVA).

Ho: Los datos de capacidad de espuma para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente iguales.

Hi: Los datos de capacidad de espuma para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente diferentes.

Figura 29. ANOVA para capacidad de espuma.

One-way ANOVA: C.E versus TipoH					
Source	DF	SS	MS	F	P
TipoH	2	398722	199361	428,63	0,000
Error	24	11163	465		
Total	26	409885			

Prueba de comparación múltiple.

Figura 30. Prueba de Tukey para capacidad de espuma.

Grouping Information Using Tukey Method			
TipoH	N	Mean	Grouping
pasteurizado	9	487,00	A
Fresco	9	438,44	B
Polvo	9	208,39	C

ANEXO 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTABILIDAD DE ESPUMA.

Análisis de varianzas (ANOVA).

Ho: Los datos de estabilidad de espuma para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente iguales.

Hi: Los datos de estabilidad de espuma para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente diferentes.

Figura 31. ANOVA para estabilidad de espuma.

One-way ANOVA: E.E versus TipoH					
Source	DF	SS	MS	F	P
TipoH	2	1439,33	719,67	173,13	0,000
Error	24	99,76	4,16		
Total	26	1539,09			

Prueba de comparación múltiple.

Figura 32. Prueba de Tukey para estabilidad de espuma.

Grouping Information Using Tukey Method

TipoH	N	Mean	Grouping
Polvo	9	90,873	A
pasteurizado	9	75,896	B
Fresco	9	74,919	B

ANEXO 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE EXPANSIÓN.

Prueba de Kruskal-Wallis.

Ho: Los datos de capacidad de crecimiento para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente iguales.

Hi: Los datos de capacidad de crecimiento para los diferentes tipos de huevo son estadísticamente diferentes.

Figura 33. Prueba de kruskal-Wallis para capacidad de expansión.

Kruskal-Wallis Test: C.T versus TipoH					
Kruskal-Wallis Test on C.T					
TipoH	N	Median	Ave Rank	Z	
Fresco	9	28,40	17,0	1,39	
pasteurizado	9	29,00	20,0	2,78	
Polvo	9	20,20	5,0	-4,17	
Overall	27		14,0		
H = 18,00 DF = 2 P = 0,000					
H = 18,03 DF = 2 P = 0,000 (adjusted for ties)					

Prueba de comparación múltiple.

Figura 34. Prueba de Mann-Whitney para capacidad de expansión.

Mann-Whitney Test and CI: C.TF. C.TP		
	N	Median
C.TF	9	28,400
C.TP	9	29,000
Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,800		
95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,800.0,500)		
W = 72,0		
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,2510		
The test is significant at 0,2503 (adjusted for ties)		

Mann-Whitney Test and CI: C.TF. C.TPol		
	N	Median
C.TF	9	28,400
C.TPol	9	20,200
Point estimate for ETA1-ETA2 is 8,200		
95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (7,100.9,400)		
W = 126,0		
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0004		
The test is significant at 0,0004 (adjusted for ties)		

Mann-Whitney Test and CI: C.TP. C.TPol

	N	Median
C.TP	9	29,000
C.TPol	9	20,200

Point estimate for ETA1-ETA2 is 8,900

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (8,600.9,500)

W = 126,0

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0004

The test is significant at 0,0004 (adjusted for ties)

ANEXO 12. ANÁLISIS PROXIMAL DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO.



EMPRESA OVOPRODUCTOS DEL PACIFICO S A S
RESP. ALVARO JOSE VILORIA CISNEROS
AREA MICROBIOLOGO DE OVOPRODUCTOS
TEL/FAX 3178958286
DIRECCION PARQUE INDUSTRIAL DEL CAUCA ET 4 LT

REFERENCIA 120952874
CODIGO INTERNO FQP10469
FECHA RECEPCION SEP 14 2012
FECHA RESULTADO SEP 20 2012

MUESTRA HELU1257A12
DATOS ADICIONALES PRODUCTO TERMINADO FF: 13-09-2012
 FV: 28-09-2012 BRUX: 25 PH: 7.8 T.PAST: 70°C
LOTE NR
CONDICION LIQUIDO

RESULTADO FISICOQUIMICO

ANALISIS	RESULTADO	METODO
HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL %	76.44	Perdida por secado a 103°C
PROTEINA TOTAL (%N x 6.25) %	12.90	ICONTEC GTC 1 (11.3.1)
GRASA %	6.52	ICONTEC GTC 1 (6.1)
CENIZAS %	0.88	ICONTEC GTC 1 (3.4.1)
CARBOHIDRATOS TOTALES %	3.25	CÁLCULO
CALORIAS TOTALES Kcal / 100 g	123.34	CÁLCULO

NOTA:

Las muestras se almacenarán durante 1 mes (muestras de alimentos no perecederos, materias primas, productos farmacéuticos y afines) y 1 semana (muestras de agua y alimentos perecederos)

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

ANEXO 13. ANÁLISIS PROXIMAL DEL HUEVO EN POLVO SECADO POR ASPERSIÓN.



EMPRESA OVOPRODUCTOS DEL PACIFICO S A S
RESP. ALVARO JOSE VILORIA CISNEROS
AREA MICROBIOLOGO DE OVOPRODUCTOS
TEL/FAX 3178958286
DIRECCION PARQUE INDUSTRIAL DEL CAUCA ET 4 LT

REFERENCIA 120952865
CODIGO INTERNO FQP10468
FECHA RECEPCION SEP 14 2012
FECHA RESULTADO SEP 20 2012

MUESTRA HE 277
DATOS ADICIONALES PRODUCTO TERMINADO
 FF: 30-07-2012 FV: 30-07-2013
LOTE NR
CONDICION SOLIDO

RESULTADO FISICOQUIMICO

ANALISIS	RESULTADO	METODO
HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL %	3.03	Perdida por secado a 103°C
PROTEINA TOTAL (%N x 6.25) %	48.22	KJELDAHL
GRASA %	20.22	EXTRACTO ETereo
CENIZAS %	3.57	GRAVIMETRÍA
CARBOHIDRATOS TOTALES %	24.96	CÁLCULO
CALORIAS TOTALES Kcal / 100 g	474.70	CÁLCULO

NOTA:

Las muestras se almacenarán durante 1 mes (muestras de alimentos no perecederos, materias primas, productos farmacéuticos y afines) y 1 semana (muestras de agua y alimentos perecederos)

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

ANEXO 14. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL HUEVO LÍQUIDO PASTEURIZADO.



EMPRESA OVOPRODUCTOS DEL PACIFICO S A S
RESP. ALVARO JOSE VILORIA CISNEROS
AREA MICROBIOLOGO DE OVOPRODUCTOS
TEL/FAX 3178958286
DIRECCION PARQUE INDUSTRIAL DEL CAUCA ET 4 LT

REFERENCIA 120848200
CODIGO INTERNO OVO776
FECHA RECEPCION AGO 24 2012
FECHA RESULTADO AGO 29 2012

LUGAR OVOPACIFICO
MUESTRA HELUP-OPF-016 PRODUCTO TERMINADO
DATOS ADICIONALES FF:23.08.12 FV:02-09-12
LOTE T.69.5°C Brx:26 pH:26
CONDICION N/R
 LIQUIDO

RESULTADO MICROBIOLOGICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION	RESULTADO
Rec. Total de Aerobios mesófilos UFC / ml	NTC 4519	< 5.000	70
Recuento de Mohos UFC / ml	NTC 4132	< 10	< 10
Recuento de Levaduras UFC / ml	NTC 4132	< 10	< 10
NMP de Coliformes totales / ml	NTC 4516	—	< 3
Recuento de Coliformes totales UFC / ml	NTC 4458	< 10	< 10
NMP de Coliformes fecales 45 °C / ml	NTC 4516	—	< 3
Recuento de Esporas Clostridium sulfito reductor UFC / ml	INVIMA	< 10	< 10
Salmonella en 25 g	NTC 4574	AUSENCIA	AUSENCIA
Estafilococo coagulasa positiva UFC / ml	NTC 4779	< 100	< 100
Escherichiae coli	ISO 7251	AUSENCIA	AUSENCIA

ESPECIFICACIÓN DEFINIDA POR EL CLIENTE

NOTA:

La muestra analizada cumple con los parámetros establecidos.

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

MARIA TERESA ANGEL
 BACTERIOLOGA TP 135
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 15. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL HUEVO DESHIDRATADO.



EMPRESA OVOPRODUCTOS DEL PACIFICO S A S
RESP. ALVARO JOSE VILORIA CISNEROS
AREA MICROBIOLOGO DE OVOPRODUCTOS
TEL/FAX 3178958286
DIRECCION PARQUE INDUSTRIAL DEL CAUCA ET 4 LT

REFERENCIA 120950628
CODIGO INTERNO OVO840
FECHA RECEPCION SEP 05 2012
FECHA RESULTADO SEP 10 2012

LUGAR OVOPACIFICO
MUESTRA HUEVO ENTERO DESHIDRATADO
DATOS ADICIONALES FF:30-07-2012 FV:30-07-2013
 Muestra Sembrada el día 06-09-2012
LOTE HE278
CONDICION SOLIDO

RESULTADO MICROBIOLOGICO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACION	RESULTADO
Rec. Total de Aerobios mesófilos UFC / g	NTC 4519	< 10.000	30
Recuento de Mohos UFC / g	NTC 4132	< 100	< 10
Recuento de Levaduras UFC / g	NTC 4132	< 100	< 10
NMP de Coliformes totales / g	NTC 4516	—	< 3
Recuento de Coliformes totales UFC / g	NTC 4458	< 30	20
NMP de Coliformes fecales 45 °C / g	NTC 4516	—	< 3
Recuento de Esporas Clostridium sulfito reductor UFC / g	INVIMA	< 10	< 10
Salmonella en 25 g	NTC 4574	AUSENCIA	AUSENCIA
Estafilococo coagulasa positiva UFC / g	NTC 4779	< 100	< 100
Escherichiae coli	ISO 7251	AUSENCIA	AUSENCIA

ESPECIFICACIÓN DEFINIDA POR EL CLIENTE

NOTA:

La muestra analizada cumple con los parámetros establecidos.

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

MARIA TERESA ANGEL
 BACTERIOLOGA TP 015
 JEFE DE LABORATORIO